

# KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Vesiprosessin automaation suunnittelu ja dokumentointi Oulun  
seudun ammattiopiston, Kaukovainion tekniikan yksikössä

Juha Virsiheimo

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Automaatiotekniikka  
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

## **ALKUSANAT**

Opinnäytetyöni on tehty Oulun seudun ammattiopiston, Kaukovainion tekniikan yksikön sähköosastolle. Aiheena oli sähköalan opiskelijoiden opetuskäyttöön rakennetun vesiprosessin osan automaattisuunnittelu ja dokumentointi. Työn ohjaajana toimi lehtori Tapani Mainio yksikön sähköosastolta. Työn edetessä sain hyviä vinkkejä kemian osaston tuntiopettajalta Jukka Ylikunnarilta. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulusta työtä ohjasivat ins. Aila Petäjäjärvi ja DI Tuomas Pussila.

Kiitän kaikkia opinnäytetyöni eri vaiheissa minua tukeneita ja neuvoneita henkilöitä. Erityiset kiitokset kuuluvat perheelleni tuesta, jota ilman työn tekeminen ei olisi onnistunut.

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala

Koulutusohjelma

Sähkötekniikka

Opinnäytetyön tekijä

Juha Virsiheimo

Opinnäytetyön nimi

Vesiprosessin automaation suunnittelu ja dokumentointi Oulun seudun ammattiopiston, Kaukovainion tekniikan yksikössä

Työn laji

Opinnäytetyö

päiväys

5.5.2011

sivumäärä

51 + 14 liitesivua

Opinnäytetyön ohjaaja

ins. Aila Petäjäjärvi ja DI Tuomas Pussila

Yritys

OSAO, Kaukovainion yksikkö, tekniikka

Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja

ins. Tapani Mainio

Opinnäytetyön aiheena oli koulutuskäyttöön suunnittelun vesiprosessin osan Demo 1 automaatio suunnittelu ja dokumentointi. Vesiprosessia ohjattiin aiemmin logiikan ja pc-valvomo-ohjelmiston avulla. Vuonna 2010 vesiprosessia ohjaamaan hankittiin metsoDNA-automaatiojärjestelmä, mutta kytkentään ja johdotukseen tarvittavat automaatio suunnitelmat eivät sisältyneet toimitukseen. Mittauksessa ja ohjauksessa käytettyjen laitteiden käyttöohjeet olivat paperimuodossa ja osa oli kadonnut.

Opinnäytetyö sisälsi vesiprosessin osan Demo 1 johdotukseen, kytkentään sekä käyttöönottoon tarvittavien dokumenttien suunnittelutyön. Työssä tarkasteltiin vesiprosessin mittauksissa ja ohjauksissa käytettyä mittaustekniikkaa, jota opiskelijat voivat käyttää oppimisen tukena. Lisäksi työssä etsittiin mittauksessa ja ohjauksessa käytettävien laitteiden käyttöohjeet ja talletettiin ne sähköiseen muotoon. Dokumentaatio talletettiin Moodle-oppimisolustalle, josta sitä voidaan hyödyntää opiskelijan ammattiin oppimisessa.

Työn tuloksena syntyi vesiprosessin osan Demo 1 PI-kaavio, laiteluettelo, kaapeliluettelo sekä ohjaus- ja piirikaaviot. Automaatio suunnitelmat laadittiin AutoCAD-piirustus- sekä Excel-taulukkolaskenta-ohjelmalla. Mittauksessa ja ohjauksessa käytettyjen laitteiden käyttöohjeet talletettiin sähköiseen muotoon. Kaikki dokumentit siirrettiin Moodle-oppimisolustalle, josta opiskelijat voivat hyödyntää sitä harjoitellessaan automaatiojärjestelmän kytkentää ja ohjaamista. Opettajat voivat hyödyntää Moodleen luotua dokumentaatiota opetuksen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Asiasanat: automaatio suunnittelu, metsoDNA, mittaustekniikka, piirikaavio

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Juha Virsiheimo
Title	Automation design and documentation of water process in Oulu vocational college, Kaukovainio technical unit
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	5 May 2011
Pages	51 + 14 appendices
Instructor	Aila Petäjäjärvi, BScEng, (El. Eng.) Tuomas Pussila, MSc (El.Eng)
Company	Oulu Vocational college, Kaukovainio technical unit
Supervisor from Company	Tapani Mainio, BScEng, (El. Eng.)

The subject of my Bachelor's Thesis was automation and documentation of Demo 1, part of the water process designed for educational use. The water process was controlled previously by the programming logic control and pc-controller software. In 2010, the metsoDNA was provided, but the automation plans needed for coupling and wiring were not included in the delivery. The instructions for measuring and control were in paper form and some of them were missing.

The Bachelor's Thesis included the planning of the documents concerning wiring, coupling and initial use of Demo 1. The study examines the kind of measuring techniques used in measuring and controlling the water process, which the students can use in their learning process. Furthermore, the instructions needed to use the equipment for measuring and control were found and saved on Moodle platform, where the students can use them in their vocational studies.

As a result of the study, the process and instrumentation chart, the list of equipment, the circuit diagram and the list of cables were introduced. The automation plans were designed by using AutoCad and Excel software. The instructions of the equipment used in measuring and control were saved in e-form. All documents were transferred into Moodle platform, where students can make use of them when training the coupling and control of automation systems. Teachers can make use of the documentation in Moodle while planning and teaching their courses.

Keyword: automation design, metsoDNA, measuring technology, circuit diagram

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT.....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT.....	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	VI
1. JOHDANTO.....	1
2. VESIPROSESSI .....	2
2.1. Vesiprosessin osa Demo 1 .....	4
2.2. Kenttälaitteet .....	5
2.3. Automaatiojärjestelmä .....	10
2.4. Dokumentaatio .....	10
3. TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY .....	12
3.1. Suunnittelukohde .....	12
3.2. PI-kaavio .....	12
3.3. Demo 1 -laitekaapin layout .....	13
3.4. Demo 1 -laitekaapin jännitejako.....	14
3.5. Kiertovesipumpun P-2 pää- ja ohjauspiirikaavio .....	14
3.6. Muut piirikaaviot .....	14
3.7. Laite- ja kaapeliluettelo.....	15
3.8. Käyttöohjeet .....	15
3.9. Moodle-oppimisympäristö .....	15
3.10. Mittaustekniikka .....	16
4. MITTAUSTEKNIKKAA .....	17
4.1. Lämpötilan mittaus vastusantureilla .....	17
4.1.1. Metallit tuntomateriaaleina .....	17
4.1.2. Mittauskytkennät .....	18
4.1.3. Mittamuuntimet .....	19
4.2. Virtausmittaus kuristuselimillä käyttäen.....	20
4.2.1. Mittausmenetelmän perusteet .....	20
4.2.2. Mittauslaipat.....	24
4.2.3. Klassinen venturiputki .....	25
4.3. Hydrostaattiseen paineeseen perustuva pinnankorkeuden mittaus.....	27
4.4. Paineen mittaus.....	28
4.5. HART.....	29
5. metsoDNA.....	31
5.1. metsoACN SR1 –prosessinohjain .....	32
5.1.1. Käyttö .....	32
5.1.2. Ominaisuudet .....	33
5.1.3. Toimintakuvaus.....	33
5.1.4. Merkkivalot.....	34
5.2. metsoACN I/O -yksiköt .....	36
5.2.1. DI8P (digital input unit, pnp).....	36
5.2.2. DO8P (digital output unit, pnp) .....	38
5.2.3. AI8H (analog input unit, HART) .....	40
5.2.4. AO4 (analog output unit).....	42

6. SUUNNITTELU JA DOKUMENTOINTI.....	44
6.1. Suunnittelutyökalut.....	44
6.2. PI-kaavio .....	44
6.3. Demo 1 -laitekaapin layout .....	45
6.4. Demo 1 -laitekaapin jännitejako.....	45
6.5. Kiertovesipumpun P-2 pää- ja ohjauspiirikaavio .....	46
6.6. Muut piirikaaviot .....	46
6.7. Laite- ja kaapeliluettelo.....	47
6.8. Käyttöohjeet .....	47
6.9. Moodle-oppimisympäristö .....	47
6.10. Mittaustekniikka .....	48
7. YHTEENVETO.....	49
8. LÄHDELUETTELO.....	50
9. LIITELUETTELO .....	51

## **KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET**

OSAO	Oulun seudun ammattiopisto
PI-kaavio	prosessi- ja instrumentointikaavio
I/P-muunnin	virta/paine muunnin
I/O	input/output, automaatiojärjestelmän tulo/lähtö
HART	Highway Addressable Remote Transducer

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Oulun seudun Ammattiopiston (OSAO), Kaukovainion tekniikan yksikön sähköosastolle. Yksikkö on osa toisen asteen ammatillista oppilaitosta ja siellä opiskelee noin 900 tekniikan ja liikenteen alan opiskelijaa. Henkilökuntaa yksikössä on lähes 100 ja sähköosastolla heistä työskentelee 12. Sähkö- ja automaatioasennuksen perustutkinnosta opiskelijat voivat valmistua sähkö- tai automaatioasentajaksi.

Vesiprosessi on sähköosastolle rakennettu oppimisympäristö, jossa opiskelijoilla on mahdollisuus tehdä erilaisia automaatiojärjestelmän kytkentään, johdotukseen ja ohjaukseen liittyviä käytännön harjoituksia. Automaatiojärjestelmällä on myös mahdollista harjoitella vesiprosessin ohjaamista. Vesiprosessi on jaettu kolmeen erilliseen toiminnalliseen osaan, joista jokaista ohjaa oma metsoDNA-automaatiojärjestelmä. Vesiprosessin osan Demo1 ohjauksessa käytetään kolmea säätöpiiriä ja kahta analogista mittauksia. Prosessista mitataan lämpötilaa, painetta, pinnankorkeutta ja virtausta. Pinnankorkeutta ja veden virtausta ohjataan taajuusmuuttajan ja kahden säätöventtiilin avulla.

Työn lähtökohtana on vesiprosessi, jota ohjaamaan oli hankittu metsoDNA-automaatiojärjestelmä vuonna 2010. Toimitukseen sisältyi laitekaappi, jonka riviliittimille oli valmiiksi kytketty ja johdotettu kaikki vesiprosessin osan Demo1 tulot ja lähdöt. Automaatiojärjestelmään oli laadittu ohjelma prosessin ohjaamiseksi.

metsoDna:n käyttöönottoa ja opiskelijoiden tekemiä harjoituksia varten tarvittiin sähkö- ja automaatioasennukset sekä laitteiden käyttöohjeet. Työn tarkoituksena oli laatia vesiprosessin osan Demo 1 sähkö- ja automaatioasennukset, esittää mittauksessa ja ohjauksessa käytettyä mittaustekniikkaa, tallettaa laitteiden käyttöohjeet sähköiseen muotoon ja siirtää syntynyt dokumentaatio sähköisessä muodossa Moodle-oppimisalustalle. Moodle-oppimisalustalta materiaalia voidaan hyödyntää opiskelijoiden ammattiin oppimisessa.



## 2. VESIPROSESSI

Vesiprosessi on rakennettu 1980-luvulla sähköalan opiskelijoiden oppimisympäristöksi. Vesiprosessin mittauksessa ja ohjauksessa käytettyjä laitteita on uusittu sen historian aikana, mutta osa käytössä olevista laitteista on alkuperäisiä. Vesiprosessiin kuului aiemmin myös ilmastointikonetta käsittävän osa, mutta se poistettiin käytöstä yksikön peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2005. Vesiprosessi näkyy nykyisessä muodossaan kuvissa 1 ja 2.



**Kuva 1. Vesiprosessi (edestä vasemmalta)**



**Kuva 2. Vesiprosessi (edestä oikealta)**

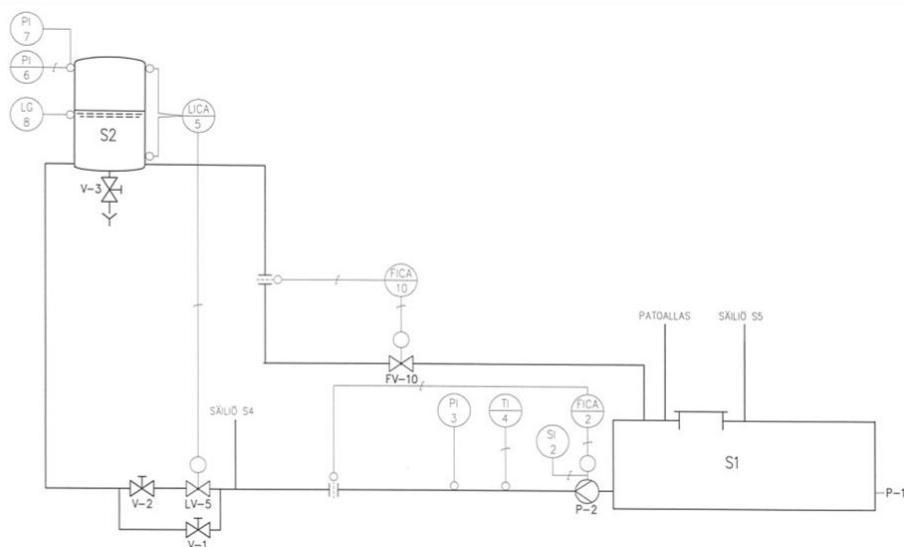
Vesiprosessia on ohjattu sen historian aikana kolmella eri automaatiojärjestelmällä. Ensimmäinen prosessia ohjannut automaatiojärjestelmä oli Valmet Damatic. Vuonna 1996 prosessia ohjaamaan hankittiin ohjelmoitava logiikka Telemecanique ja pc-valvomo - ohjelmisto Citect. Nyt vesiprosessi on jaettu kolmeen toiminnalliseen osaan ja jokaista osaa ohjaa oma metsoDNA-automaatiojärjestelmä. Logiikka ja pc-valvomoratkaisua ei ole vielä purettu pois, vaan se on mahdollista ottaa käyttöön metsoDNA-järjestelmän sijaan. Vesiprosessin kolme toiminnallista osaa ovat nimeltään Demo 1, 2 ja 3. Kuvassa 3 on esitetty vesiprosessin osaa Demo 1 ohjaava laitekaappi.



**Kuva 3. Laitekaappi Demo 1**

## 2.1. Vesiprosessin osa Demo 1

Vesiprosessi on jaettu kolmeen toiminnalliseen osaan, joiden nimet ovat Demo 1, 2 ja 3. Kuvassa 4 on esitetty vesiprosessin osan Demo 1 PI-kaavio, joka on myös tämän työn liitteenä.



**Kuva 4. Vesiprosessin osan Demo 1 PI-kaavio**

Kuvassa 4 esitetyn PI-kaavion mukaan vesiprosessi Demo 1 käynnistyy vesisäiliöstä S1, josta pumppu P-2 siirtää vettä painesäiliöön S2. Pumpun P-2 kierrosnopeutta voidaan säätää taajuusmuuttajan avulla. Pumpun P-2 jälkeen mitataan veden virtausta venturiputken ja paine-erolähtetimen avulla. Veden lämpötilaa mitataan pumpun P-2 jälkeen.

Painesäiliöstä S2 mitataan pinnakorkeutta hydrostaattiseen paineeseen perustuen. Painesäiliön S2 pinnankorkeutta säädetään säätöventtiilillä LV-5. Painesäiliöstä S2 mitataan myös painetta. Painesäiliön S2 jälkeen on toinen virtausmittaus, joka perustuu virtauksen kuristamisesta aiheutuvaan paine-eroon, jota mitataan paine-erolähtetimellä. Painesäiliön S2 jälkeistä virtausta säiliöön S1 säädetään säätöventtiilillä LV-10. Säiliöstä S2 vesi palaa takaisin säiliöön S1, josta veden kierto voi alkaa uudelleen.

## 2.2. Kenttälaitteet

Säiliöstä S1 säiliöön S2 vettä siirtävä pumppu P-2 (kuva 5) uusittiin vuonna 1996 tehdyn modernisoinnin yhteydessä. Pumppu pystyy tuottamaan virtauksen  $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pumpun P-2 pyörimisnopeutta säädetään taajuusmuuttajan (kuva 6) avulla, joka sijaitsee kentällä pumpun läheisyydessä.



**Kuva 5. Pumppu P-2**



**Kuva 6. Taajuusmuuttaja**

Lämpötilan mittauksessa käytetään pt-100 (kuva 7) anturia 3-johdintekniikalla kytkettynä. Lämpötila-anturin viesti muutetaan virtaviestiksi 4–20 mA lämpötilalähettimellä.



**Kuva 7. Lämpötila-anturi TE-4**

Pumpun P-2 jälkeinen paine näkyy painemittarissa PI-3 (kuva8).



**Kuva 8. Painemittari PI-3**



Pumpun P-2 jälkeistä virtausta mitataan venturiputkella (kuva 9) ja paine-erolähettimellä FT-10 (kuva 10).



**Kuva 9. Venturiputki**



**Kuva 10. Paine-erolähetin FT-10**

Painesäiliön S2 säiliön pinnankorkeutta säädetään säätöventtiilillä LV-5 (kuva 11), joka on toimintaperiaatteeltaan pneumaattinen istukkaventtiili.



**Kuva 11. Säätöventtiili LV-5**

Säätöventtiilillä FV-10 (kuva 12) säädetään painesäiliön S2 jälkeistä virtausta. Myös säätöventtiili FV-10 on pneumaattinen istukkaventtiili. FV-10 sisältää erillisen I/P-muuntimen, joka uusittiin modernisoinnin yhteydessä vuonna 1996. Muuntimen avulla standardi virtaviesti 4–20 mA muutetaan standardiksi paineviestiksi 0,2–1,0 bar, jolla säädetään venttiilin asentoa 0–100 %.



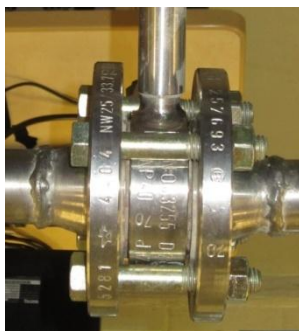
**Kuva 12. Säätöventtiili FV-10**

Painesäiliön S-2 (kuva 13) pinnakorkeuden mittauksessa käytetään paine-erolähetintä. Paine-erolähtetin muuttaa säiliön S2 pinnankorkeudesta syntyvän hydrostaattisen paineen virtaviestiksi 4–20 mA. Säiliön pinnan korkeus osoitetaan myös säiliön kylkeen rakennetun näkölasin avulla. Säiliön S2 painetta mitataan painelähettimellä säiliön yläosasta.



**Kuva 13. Painesäiliö S2**

Painesäiliön S2 jälkeistä virtausta mitataan kuristusvirtausmittauksella (kuva 14) ja syntynyttä paine-eroa lähettimellä FT-10 (kuva 15).



**Kuva 14. Kuristusvirtausmittaus**





**Kuva 15. Paine-erolähetin FT-10**

### **2.3. Automaatiojärjestelmä**

Vesiprosessia on ohjattu aiemmin Valmet Damatic -automaatiojärjestelmällä. Vuonna 1996 vesiprosessin automaatiojärjestelmä uusittiin ensimmäisen kerran. Valmet Damatic sai väistyä ja tilalle hankittiin ohjelmoitava logiikka Telemecanique sekä käyttöliittymäksi pc-valvomo-ohjelmisto Citect. Asennustyöt toteutettiin valmiiksi rakennettuihin keskuksiin opiskelijatyönä.

Vuonna 2010 prosessia ohjaamaan hankittiin metsoDNA-automaatiojärjestelmä. Vesiprosessin ohjaus on rakennettu pienjärjestelmien toteuttamiseen tarkoitetulla metsoACN SR1 -prosessiohjaimella, joka mahdollistaa pienjärjestelmien toteuttamisen kustannustehokkaasti.

### **2.4. Dokumentaatio**

Vuonna 1996 toteutetun vesiprosessin modernisoinnin sähkö- ja automaatiosuunnittelusta vastasi insinööritoimisto AA-Control. Dokumentit laadittiin sähköisessä muodossa CADS-piirustusohjelmalla. Piirustuksia muokattiin jonkin verran käyttöönoton yhteydessä AutoCad-ohjelmalla. Vesiprosessin sähköisessä muodossa olevat suunnitelmat katosivat

yksikön peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2005 ja jäljelle jäivät vain paperimuodossa olevat piirustukset. Paperimuodossa olevista piirustuksista puuttuu osa vesiprosessin sähkö- ja automaatio suunnitelmiin tehdyistä muutoksista.

Automaatiojärjestelmän mittauksessa ja ohjauksessa käytettyjen laitteiden käyttöohjeita tarvitaan prosessin asennuksessa, käyttöönotossa, käytössä ja huollossa. Vesiprosessin osan Demo 1 laitteiden käyttöohjeet ovat paperimuodossa ja osa on kadoksissa.

### **3. TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY**

Tämän työn tavoitteena on suunnitella tarvittavat dokumentit metsoDNA-automaatiojärjestelmän ohjaaman vesiprosessin osan Demo 1 käyttöönottamiseksi opetuskäyttöön. Dokumenttien tulee olla selkeitä ja ymmärrettäviä, jotta opiskelijatyönä tehtävä käyttöönotto on mahdollista. Asennus- ja huoltotyössä sekä esimerkiksi lähettimien virittämisessä tarvitaan laitteiden käyttöohjeita, jotka tässä työssä etsitään ja talletetaan sähköiseen muotoon.

Työssä tarkastellaan mittauksissa ja ohjauksissa käytettyä mittaustekniikkaa, jota opiskelijat voivat käyttää oppimisen tukena. Kaikki syntyneet dokumentit talletetaan sähköiseen muotoon ja siirretään Moodle-oppimisalustalle, josta opiskelijat ja opettaja voivat ottaa ne käyttöönsä.

#### **3.1. Suunnittelukohde**

Opinnäytteen kohde on OSAO, Kaukovainion tekniikan yksikön sähköosastolla oleva vesiprosessi. Vesiprosessi on rakennettu sähköalan opiskelijoiden oppimisympäristöksi. Vuonna 2010 prosessia ohjaamaan hankittiin metsoDNA-automaatiojärjestelmä. Hankintaan ei sisältynyt automaatio suunnittelua. Samalla vesiprosessi jaettiin kolmeen toiminnalliseen kokonaisuuteen. Näin prosessin parissa pystyy työskentelemään useampia opiskelijoita samanaikaisesti.

#### **3.2. PI-kaavio**

Vesiprosessista löytyi 1980-luvulla tehty PI-kaavio eli prosessi- ja instrumentointikaavio. Tämä paperimuodossa oleva piirustus sisältää prosessin osia, joita ei ole enää olemassa. Vesiprosessiin on tehty muutoksia koko sen historian ajan. Viimeisimmät muutokset

vesiprosessiin tehtiin yksikön peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2005. Vesiprosessin osat Demo 1 ja 2 ovat toiminnallisesti hyvin lähekkäin. Selvyyden vuoksi tarvittiin PI-kaavio, jossa näkyvät vesiprosessin osat Demo 1 ja 2. PI-kaavio laaditaan seuraamalla prosessin putkistoja, selvittämällä mittauspisteet sekä käytetyt ohjauslaitteet. metsoDNA-järjestelmästä selvitetään hälytyksiä ja piirtoa koskevat tiedot. PI-kaavio piirretään voimassa olevien standardien mukaisesti.

### **3.3. Demo 1 -laitekaapin layout**

Layout-piirustus tehdään mittakaavassa kaapin valmistamista varten. Tehdyn layout-piirustuksen perusteella valitaan rakennettavalle järjestelmälle sopivan kokoinen laitekaappi. Laitekaappi kalustetaan laaditun layout-piirustuksen mukaisesti. Yleensä laitekaappiin jätetään noin 30 %:n suuruinen laajennusvara. Laitekaapin layout-piirustusta tarvitaan myös esimerkiksi tietyn merkinnän omaavan riviliittimen tai laitteen löytämiseksi. Muissa sähkö- ja automaatio suunnitelmissa viitataan laitekaapin layout-piirustuksessa esitettyihin laitetunnuksiin.

Demo 1 -laitekaappi on toimitettu kalustettuna sähköosastolle. metsoDNA:n I/O:t on kytketty valmiiksi laitekaapissa sijaitseville riviliittimille. Suurin osa laitekaapissa sijaitsevista kalusteista on merkitty laitetunnuksella.

Laitekaapista on laadittava layout-piirustus, josta selviää kaikkien laitekaapissa olevien laitteiden tunnuksot ja nimet. Näihin tunnuksiin viitataan muissa sähkö- ja automaatio suunnitelmissa. Layout-piirustuksessa huomioidaan mahdolliset sähkö- ja automaatio suunnittelun aikana tulevat muutokset.

### **3.4. Demo 1 -laitekaapin jännitejako**

Osana sähkö- ja automaatio suunnittelua laaditaan piirustus, jossa on esitetty Demo 1 -laitekaapin jännitejako. Demo 1 -laitekaapin syöttö on yksivaiheinen ja se tulee keskuksesta JK1000. Jännitteenjaon piirtäminen jälkikäteen on työläs tehtävä, koska se vaatii johtokourujen avaamisia ja yksittäisten johtimien seuraamista. Piirustusta tarvitaan esimerkiksi vikatilanteiden selvittämisessä.

### **3.5. Kiertovesipumpun P-2 pää- ja ohjauspiirikaavio**

Työn haastavin tehtävä on kiertovesipumpun P-2 pää- ja ohjauspiirikaavion laatiminen. Toiminnan kuvaaminen selkeään ja helposti ymmärrettävään muotoon vaatii erityistä huomiota. Myös tarkoituksenmukainen kaapeloinnin suunnitteluun tulee kiinnittää huomiota.

### **3.6. Muut piirikaaviot**

Digitaalisten ja analogisten I/O-tietojen liittäminen metsoDNA-automaatiojärjestelmään esitetään piirikaavioissa. Piirikaavioita voidaan piirtää monella eri tyylillä. On tärkeää valita sellainen esitysmuoto, joka on mahdollisimman selkeä ammattiin opiskeleville opiskelijoille. Ennen piirikaavioiden laadintaa tulee tarkistaa laitteiden merkinnät ja kosketinnumerointi. Piirikaavioiden laadinnassa käytetään apuna laitteiden käyttöohjeita sekä metsoDNA:n ohjelmaa varten laadittua kytkentälistaa.

### **3.7. Laite- ja kaapeliluettelo**

Laiteluettelossa esitetään kaikki prosessin mittaukseen ja ohjauksessa käytettävät laitteet sekä niiden keskeiset tekniset tiedot. Kaapeliluettelossa esitetään kaikki vesiprosessin osan Demo 1 kaapelit, kaapelinumerot sekä kaapelien tyypit.

### **3.8. Käyttöohjeet**

Kaikki vesiprosessin osan Demo 1 käyttöohjeet etsitään ja talletetaan sähköiseen muotoon. Käyttöohjeet talletetaan muun dokumentaation tavoin Moodle-oppimisympäristöön.

### **3.9. Moodle-oppimisympäristö**

Moodle on web-pohjainen oppimisympäristö, joka mahdollistaa opiskelijoille ja opettajille pääsyn oppimateriaaliin ajasta ja paikasta riippumatta. Monet harjoitustehtävät, kuten kirjalliset raportit, voidaan palauttaa Moodlen kautta, jolloin sähköpostilaatikko ei turhaan täyty. Opettaja voi myös arvioida tehtävät suoraan Moodlessa, ja opiskelija voi tarkastella omia arvosanoja Moodlen kautta. /8/

OSAO:ssa on käytössä Moodle-oppimisympäristö, jota käytetään sähköosastolla lähinnä lähiopetuksen tukena. Kaikki tässä opinnäytetyössä laadittavat dokumentit talletetaan sähköisessä muodossa Moodle-oppimisympäristöön.

### **3.10.Mittaustekniikka**

Opiskelijoiden oppimisen tueksi työssä esitetään vesiprosessin osan Demo 1 mittauksessa ja ohjauksessa käytettyä mittaustekniikkaa. Haasteena on havainnollisen ja opetuskäyttöön sopivan lähdemateriaalin löytäminen.

## 4. MITTAUSTEKNIIKKAA

Luvun 4 kappaleissa on esitetty vesiprosessin osassa Demo 1 käytettyä mittaustekniikkaa. Tämä mittaustekniikan teoriaa käsittelevä osuus siirretään Moodle-oppimisolustalle opiskelijoiden ja opettajien käyttöön.

### 4.1. Lämpötilan mittaus vastusantureilla

Vastusanturien toiminnan perusteena on resistanssin lämpötilariippuvuus. Jos tämä tunnetaan, voidaan lämpötilan mittaus palauttaa resistanssin mittaukseksi. Tuntoelin voidaan valmistaa metallista tai puolijohdemateriaalista. Kaavassa 1 on esitetty metallien riippuvuus lämpötilasta. /1, s. 36./

#### 4.1.1. Metallit tuntomateriaaleina

Metallien riippuvuus lämpötilasta voidaan esittää muodossa (kaava 1),

$$R(t) = R_0(1 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_nt^n) \quad (1)$$

missä

$R_0$  = metallin resistanssi referenssilämpötilassa 0°C

Arvot kertoimille  $a_1 \dots a_n$  saadaan kalibrointimittauksista tunnetuissa lämpötiloissa. Tarvittava termien määrä riippuu anturimateriaalista, tarkkuusvaatimuksista sekä mitattavasta lämpötila-alueesta. /1, s. 36./

Teollisuudessa käytetään yleisesti Pt-100-vastusanturia, jonka tuntoelin on valmistettu platinasta ja sen resistanssi on 100Ω lämpötilassa 0 °C. Suomessa käytetään yleensä Pt-



100-antureita, joiden ominaisuudet on määritelty standardissa IEC 751 (ennen vuotta 1983 standardissa DIN 43760). /1, s. 37./

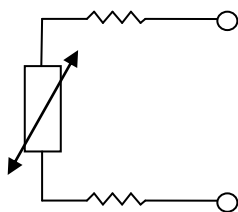
#### 4.1.2. Mittauskytkennät

Lämpötilan mittaus vastusanturilla palautuu resistanssin mittaukseksi, johon käytetään tavallisimmin erilaisia silta- ja kompensointimenetelmiä. Tarkoissa mittauksissa on otettava huomioon anturin lämpenemisvirhe sekä johtimien resistanssien lämpötilariippuvuus. /1, s. 38./

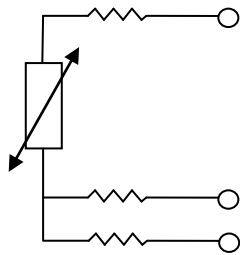
Kuvassa 16 esitetyssä liitännässä liitäntäjohtimien vastus ja mittausvastus ovat sarjassa. Siksi muutokset mittausjohtimissa vaikuttavat suoraan mittaustulokseen. Näiden ilmiselvien haittapuolien takia tätä tapaa käytetään harvoin. Mikäli siihen kaikesta huolimatta päädytään, tulee se tehdä suurta varovaisuutta noudattaen. /3, s. 4./

Kuvassa 17 on esitetty yleisin liitäntätapa. 3-johdinkytkennässä edellytetään, että vastus on sama kaikissa kolmessa johtimessa. Tavallisesti se eliminoi pääasiassa muutoksien vaikutuksen mittausjohtoihin, kunhan nämä muutokset ovat kaikissa johtimissa samat. Kun lähetin asennetaan anturin kytkentäkoppaan, 3-johdinkytkentä on tavallisimmin käytetty tapa. /3, s. 4./

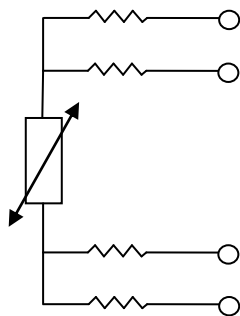
Kuvassa 18 on esitetty 4-johdinkytkentä, jota käytetään tarkoissa mittauksissa. Mittausvirta johdetaan kahden johtimen kautta ja jännitehäviö mitataan lopuilla kahdella johtimella. Näin eliminoidaan kaikki vastusmuutokset mittausjohdoissa silloinkin, kun ne eroavat toisistaan. /3, s. 4./



**Kuva 16. Vastusanturin 2-johdinkytkentä /3, s. 4./**



**Kuva 17. Vastusanturin 3-johdinkytKentä /3, s. 4./**



**Kuva 18. Vastusanturin 4-johdinkytKentä /3, s. 5./**

### 4.1.3. Mittamuuntimet

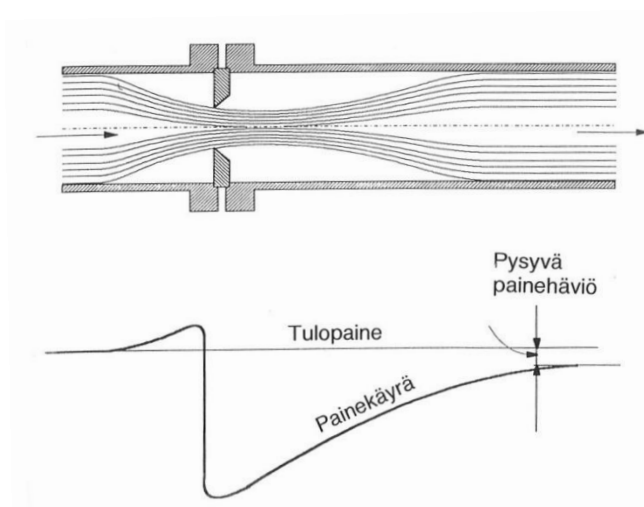
Mittamuuntimia käytetään vastusanturin vastusarvon muuttamiseen prosessiin yhteensopivaksi mittausviestiksi. Anturi voidaan kytkeä muuntimeen kolmella eri tavalla, 2-, 3-, tai 4-johdinkytKennällä. Kaikilla kytkentätavoilla muunnin lähettää tietynsuuruisen vakiovirran vastuksen läpi, jonka yli tapahtunut jännitteen lasku sitten mitataan. Itselämpenemisen minimoimiseksi on tärkeää pitää mittausvirta pienenä. Hyvä muunnin pystyy antamaan niinkin alhaisen mittausvirran kuin 1 mA. Muuntimet valmistetaan 2- ja 4-johtimisina (mitä ei pidä sekoittaa anturien 2- ja 4-johdinkytKentöihin). 4-johtinmuuntimelle syötetään virtaa kahdella erillisellä johtimella (mistä johtuu käsite erillinen virran syöttö), jotka ovat erillään ulostulon kahdesta johtimesta. 2-johtinmallissa virta tulee muuntimelle ulostulon kahden johtimen kautta, jotka näin suorittavat molemmat toiminnot. Sitä seuraa automaattisesti, ettei 2-johtinmuuntimen viesti voi omakulutuksen vuoksi laskea 0:aan, vaan sen alin arvo on 4 mA. Sitä vastoin 4-johtinmuuntimen lähtöviesteille voidaan ohjelmoida mitä tahansa prosessisignaalien arvoja. /3, s. 4./

## 4.2. Virtausmittaus kuristuselimillä käyttäen

Vesiprosessin virtausmittauksen menetelmänä on käytetty putkeen sijoitettuja kuristuselimitä. Pumpun P-2 jälkeistä virtausta mitataan venturiputken avulla ja painesäiliön S2 jälkeistä virtausta mittauslaippaa apuna käyttäen. Kappaleissa 4.2.1.–4.2.3. on esitetty teoriaa ja käytännön tietoa kuristuselimien käytöstä virtausmittauksessa.

### 4.2.1. Mittausmenetelmän perusteet

Putkeen sijoitettujen kuristuselimien käyttö on suosittu menetelmä nesteiden, kaasujen ja höyryjen virtausmittauksissa. Tarkastellaan aluksi nesteen virtaamista putkeen sijoitetun kuristuskohdan kautta. Kun putkeen on asennettu laippa, jossa on ympyränmuotoinen aukko, niin nesteen virratessa paine laipan ympäristössä vaihtelee kuvan 19 mukaisesti. Paine nousee ennen laippaa jonkin verran. Välittömästi laipan jälkeen paine alenee. Laipan tulo- ja lähtöpuolen välille muodostuu huomattava paine-ero. Kahden sopivasti valitun kohdan välinen paine-ero on käyttökelpoinen virtauksen mitta. Etäännyttäessä laipasta myötävirtaan paine tasaantuu, mutta ei saavuta enää täysin tulopuolen painetta, vaan kuristus aiheuttaa pysyvän painehäviön. Virtauksen kuristaminen merkitsee tehohäviötä. /1, s. 94./



Kuva 19. Paineen vaihtelu nesteen virratessa kuristuskohdan läpi /1, s. 95./

Bernoullin yhtälö

$$\rho g h_1 + p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = \rho g h_2 + p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (2)$$

missä

$g$  on putoamiskiihtyvyys

$\rho$  on virtaavan nesteen tiheys

$p$  on absoluuttinen paine

$v$  on virtausnopeus

$h$  on poikkileikkaus painopisteen etäisyys vertailutasosta /1, s. 88./

Jatkuvuusyhtälö

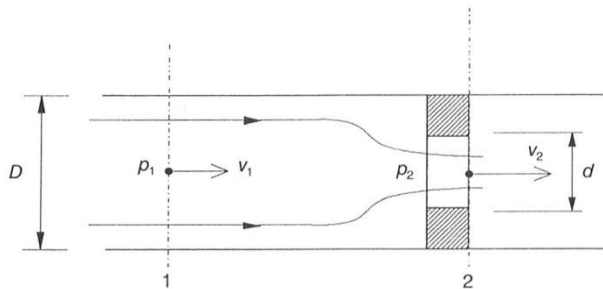
$$q_v = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (3)$$

missä

$q_v$  on tilavuusvirta

$A_1 v_1$  on poikkipinta-ala ja virtausnopeus kohdassa poikkileikkauksessa 1

$A_2 v_2$  on poikkipinta-ala ja virtausnopeus kohdassa poikkileikkauksessa 2 /1, s. 96./



**Kuva 20. Virtausta kuristava laippa putkessa /1, s. 96./**

Oletetaan, että vaakasuorassa putkessa, jonka halkaisija on  $D$ , virtaa kuvan 20 esittämällä tavalla nestettä, jonka tiheys on  $\rho$ . Putkeen on asennettu kuristuslaippa, jonka ympyränmuotoisen aukon halkaisija on  $d$ . Jos sovelletaan Bernoullin yhtälöä (kaava 2) putken poikkileikkauksessa 1 ja 2, on  $h_1 = h_2$ , jolloin yhtälö saadaan muotoon

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (4)$$

Kaavasta 4 voidaan ratkaista

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (5)$$

Jatkuvuusyhtälön (kaava 3) mukaan tilavuusvirta on sama leikkauksissa 1 ja 2, jolloin

$$\frac{1}{4}\pi D^2 v_1 = \frac{1}{4}\pi d^2 v_2 \quad (6)$$

Kun merkitään  $\beta = \frac{d}{D}$ , saadaan

$$v_2 = \frac{D^2}{d^2} v_1 = \frac{1}{\beta^2} v_1 \quad (7)$$

Sijoitetaan kaava 7 kaavaan 5

$$\Delta p = \frac{1}{2}\rho\left(\frac{1}{\beta^4} - 1\right)v_1^2 = \frac{1}{2}\rho\frac{1-\beta^4}{\beta^4}v_1^2 \quad (8)$$

Massavirta  $q_m$  voidaan laskea seuraavasti

$$q_m = \frac{1}{4}\rho\pi D^2 v_1 \quad (9)$$

Ratkaisemalla tästä  $v_1$  saadaan

$$v_1 = \frac{4q_m}{\rho\pi D^2} \quad (10)$$

Kun kaava 10 sijoitetaan kaavaan 8, voidaan  $\Delta p$ :n lauseke kirjoittaa muotoon

$$\Delta p = \frac{1}{2}\rho\frac{1-\beta^4}{\beta^4} \times \frac{16q_m^2}{\rho^2\pi^2 D^4} \quad (11)$$

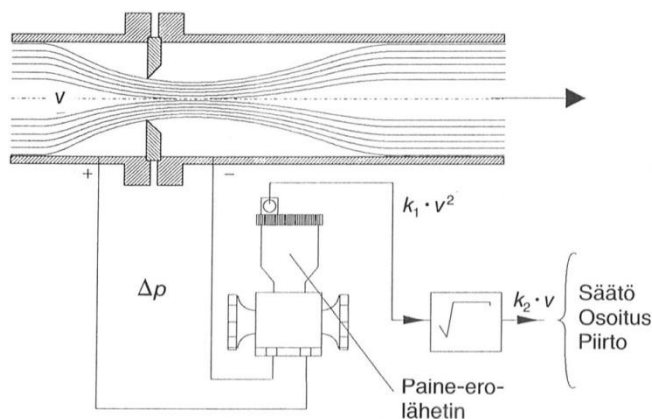
Tästä yhtälöstä voidaan ratkaista massavirran  $q_m$  lauseke

$$q_m = \frac{1}{\sqrt{(1-\beta^4)}} \times \frac{1}{4}\pi D^2 \beta^2 \sqrt{(2\Delta p \rho)} \quad (12)$$

Kaavasta 11 nähdään, että paine-ero  $\Delta p$  on verrannollinen massavirran  $q_m$  neliöön. Näin ollen  $\Delta p$  on verrannollinen myös virtausnopeuden  $v$  neliöön. /1, s. 96./

Bernoullin yhtälöä sovellettaessa lähtökohtana on oletamus, että virtaus tapahtuu kitkattomasti. Näin ollen kaavan 12 pohjana on oletus ideaaliolosuhteista. Todellisuudessa kitkaa kuitenkin aina esiintyy. Laipan aukon läpi virtaava nestesuihku ei ole kapeimmillaan aukon kohdalla, vaan hieman lapasta myötävirtaan olevassa kohdassa, jota kutsutaan nimellä vena contracta. /1, s. 96./

Kun suoritetaan virtausmittauksia kuristuselimillä, määritetään tulo- ja lähtöpuolen välinen paine-ero. Usein paine-eron mittaaminen tapahtuu kuvan 21 esittämään tapaan paine-erolähettimellä, jonka antama viesti on verrannollinen virtausnopeuden  $v$  neliöön. Käytännössä on tavallista, että paine-erolähtetimen viestistä otetaan neliöjuuri, jolloin muodostuu virtausnopeuteen suoraan verrannollinen viesti. /1, s. 97/



**Kuva 21. Paine-eron mittaaminen paine-erolähettimellä ja viestin linearisointi /1, s. 97./**

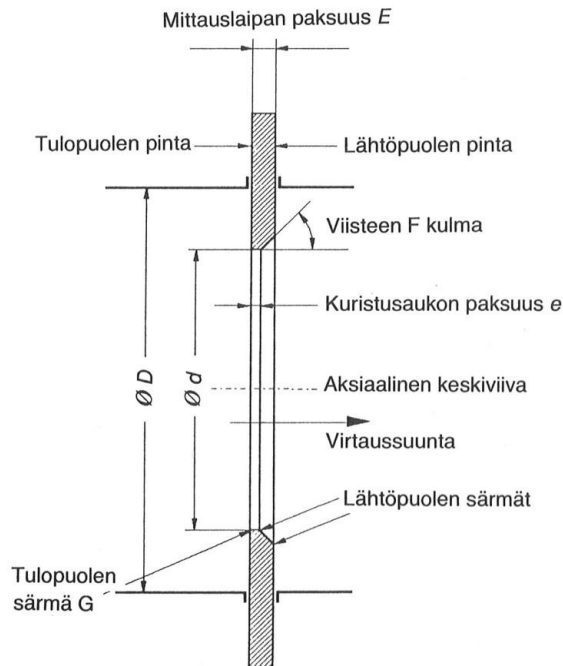
Kuristuslaitteiden geometriset muodot ja mitoitusmenetelmät perustuvat standardeihin. Kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n laatimassa standardissa, joka on suomennettu ja esiintyy tunnuksella SFS-ISO 5167, määritellään seuraavat kuristuselinten päätyypit:

- mittauslaipat
- mittaussuuttimet
  - o ISA 1932 mittausuuttimet
  - o pitkäsäteiset mittaussuuttimet
- venturiputket
  - o klassiset venturiputket
  - o venturisuuttimet.

Mittaustarkkuuden kannalta on olennaista, että kuristuselimen tulo- ja lähtöpuolella on riittävän pitkät suorat häiriöttömät putkiosuudet. Näiden osalta vaatimus tulopuolella on riippuvainen myös häiriölähteen laadusta, toisin sanoen siitä, onko häiriön aiheuttajana venttiili, supistus, laajennus vai putkimutka. Erilaisissa tapauksissa vaadittavat suorat ja häiriöttömät putkiosuudet ilmoitetaan standardissa SFS-ISO 5167. /1, s. 97./

### **4.2.2. Mittauslaipat**

Mittauslaippa on putkeen virtaussuuntaan nähden kohtisuoraan asennettu laippa, jossa on putken kanssa samankeskeinen ympyränmuotoinen aukko. Laipan tulo- ja lähtöpuolen pintojen tulee olla yhdensuuntaiset ja tasaiset. Kuva 22 esittää mittauslaipalle standardissa SFS-ISO 5167 määriteltyä geometrista muotoa. Laipan paksuuden tulee olla niin suuri, että tulo- ja lähtöpuolen välinen paine-ero ei aiheuta olennaisia muodonmuutoksia. Kuristusaukon paksuuden  $e$  tulee olla välillä  $0,005D \dots 0,02D$ . Laipan paksuuden  $E$  tulee olla välillä  $e \dots 0,05D$ . Viisteen  $F$  kulman on oltava välillä  $30 \dots 45^\circ$ . /1, s. 97-98./



**Kuva 22. Mittauslaippa /1, s. 97./**

Standardissa SFS-ISO 5167 määritellään kolme erilaisista paineiden ulosottotapaa:

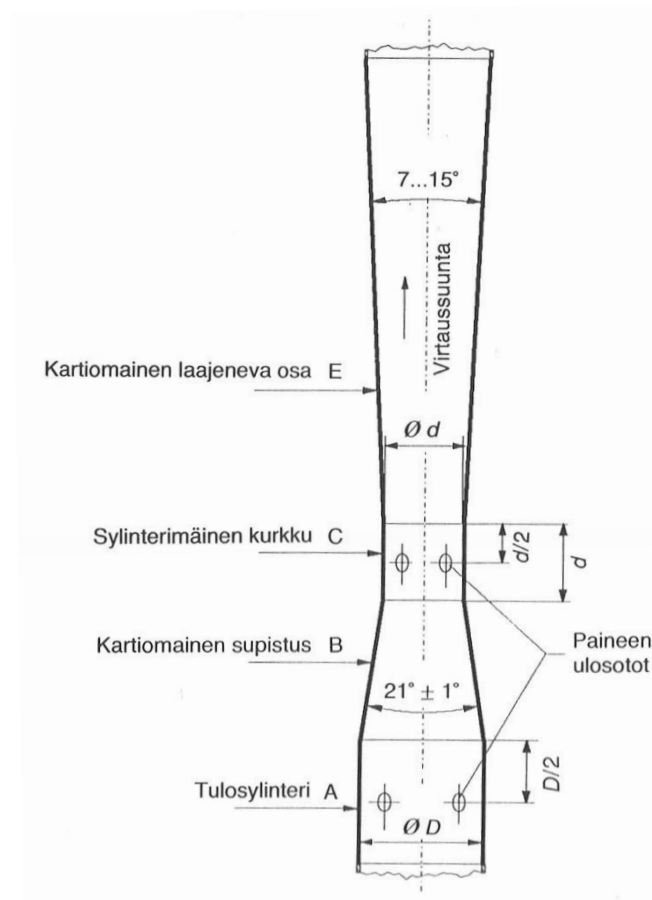
- $D$  ja  $\frac{D}{2}$  -ulosotot
- laippaulosotot
- nurkkaulosotot. /1, s. 98./

#### **4.2.3. Klassinen venturiputki**

Kun pyritään mahdollisimman pieneen pysyvään painehäviöön, on venturiputki tässä suhteessa kuristuselimistä edullisin /1, s. 100/.

Kuvan 23 esittämällä tavalla klassisen venturiputken muodostavat tulosylinteri A, kartiomainen supistus B, sylinterimäinen kurkku C ja kartiomainen laajeneva osa E. Tulosylinterin halkaisijan tulee olla sama kuin putken halkaisija. Kurkun C tulee olla muodoltaan sylinterimäinen ja sen pituuden yhtä suuri kuin kurkun halkaisija  $d$ . /1, s. 101./





**Kuva 23. Klassinen venturiputki /1, s. 101./**

Paineen ulosottoja tulee järjestää neljä tulopuolen paineen ja neljä kurkun paineen mittausta varten. Kummakin mittauskohdan neljä paineen ulosottoa on yhdistettynä rengasmaisella kammiolla. Paineen ulosottokohdat ilmenevät kuvasta 23.

### 4.3. Hydrostaattiseen paineeseen perustuva pinnankorkeuden mitta

Hydrostaattisella paineella tarkoitetaan nestekerroksen massasta aiheutuvaa painetta. Hydrostaattisen paineen  $p_h$  suuruus riippuu nestekerroksen paksuudesta  $h$  ja nesteen tiheydestä  $\rho$  (kaava 13)

$$p_h = \rho gh \quad (13)$$

missä

$g$  on putoamiskiihtyvyys

Jos nesteen tiheys tunnetaan ja paine mitataan, voidaan laskea, kuinka korkealla nesteen pinta on paineen mittauskohdasta lukien.

Nestepinnan yläpuolella oleva paine vaikuttaa mittaustulokseen, joten se on tunnettava tai sitten on mitattava paine-ero siihen verrattuna.  $g$ :n arvoa voidaan pitää vakiona, mutta sen sijaan tiheys ja sen mukana myös mittaustulos riippuvat lämpötilasta. /1, s. 76./

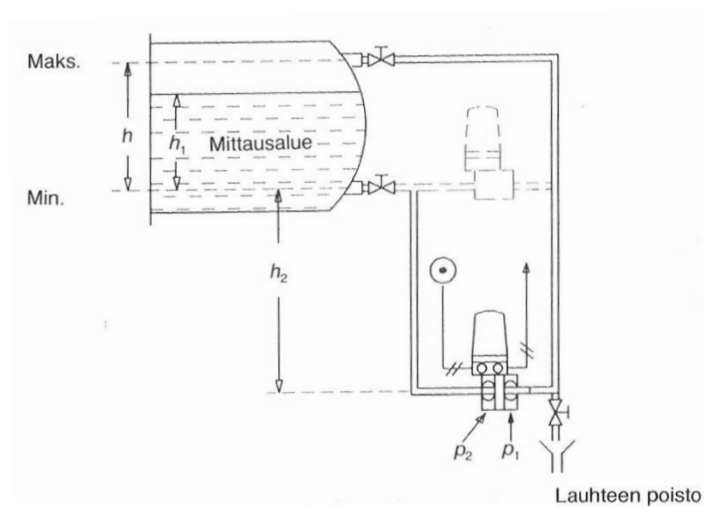
Painesäiliössä on käytettävä paine-eromittausta, jolloin mittarin matalamman paineen puoli (-) yhdistetään painesäiliön yläosaan hieman mittausalueen ylärajaa korkeammalle (kuva 24), josta saadaan miinuspuolelle paine  $p_1$ . Pluspuolella vaikuttaa kaasun paineen  $p_1$  ja hydrostaattisen paineen  $p_h$  summa. Täten saadaan mittaustulokseksi

$$\Delta p = p_2 - p_1 = p_h \quad (14)$$

joka on juuri hydrostaattinen paine (kaava 14). Painelähetin sijoitetaan mittausalueen nollatasolle tai sen alapuolelle, jolloin tilanne on sama kuin avoimen säiliön tapauksessa ja

$$\Delta p = p_h = \rho gh_1 + \rho gh_2 \quad (15)$$

$$h_1 = \frac{\Delta p}{\rho h} - h_2 \quad /1, s. 77./ \quad (16)$$



**Kuva 24. Pinnankorkeuden mittaaminen painesäiliöstä, jossa ei tapahdu nesteen tiivistymistä /1, s. 77./**

#### 4.4. Paineen mitta

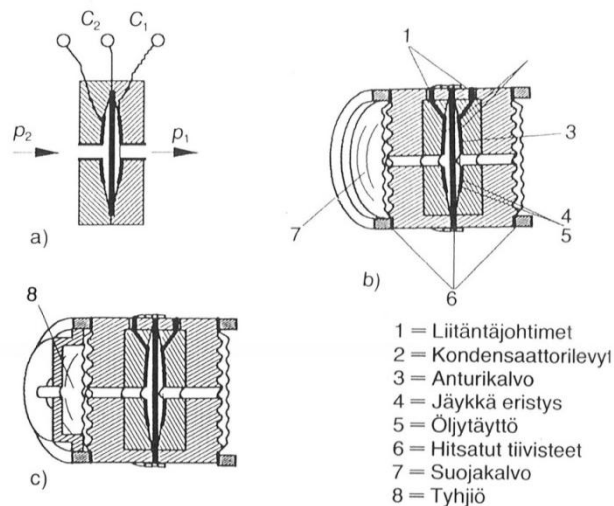
Paine on luonteeltaan absoluuttinen fysikaalinen suure. Sen arvo on nolla täydellisessä tyhjiössä. Usein nesteen tai kaasun painetta verrataan vallitsevaan ilmanpaineeseen. Kun absoluuttinen paine on suurempi (pienempi) kuin ilmanpaine, sanotaan siinä vallitsevan ylipaine (alipaine). /1, s. 61./

Paine (kaava 17) määritellään kaasun tai nesteen molekyylien törmäysten aiheuttamana voimana pinta-alayksikköä kohti

$$paine = voima \div pinta - ala \quad (17)$$

Tunnetuimpia differentiaalikondensaattoriin pohjautuvia paineantureita on amerikkalaisen Rosemount-nimisen instrumenttivalmistajan anturi, kuva 25. Silikoniöljy välittää prosessipaineen suojakalvolta tuntoelinkalvolle, joka on anturiyksikön sisäkammiossa. Samalla tavalla vertailupaine välitetään vastakkaiselle puolelle tuntoelinkalvoa. Tuntoelinkalvo muodostaa kondensaattorin keskielektrodin. Ulommat levyt ovat mittauskammion kaarevilla lasipinnoilla. /1, s. 66./

Prosessipaineen ja vertailupaineen ero siirtää tuntoelinkalvoa. Siirtymä mitataan kondensaattorien kapasitanssien erosta. Tuntoelinkalvon ja uloimpien kondensaattorilevyjen kapasitanssi on suuruusluokkaa 150 pF. Mittauksessa käytetyn vaihtojännitteen amplitudi on 30V ja taajuus 30...60 kHz. /1, s. 66./



**Kuva 25. Kapasitiivinen tuntoelin (Rosemount). a) differentiaalikondensaattori, b) paine-eron mittauksessa käytetyn anturin rakenne, c) absoluuttipaineen mittauksessa käytetyn anturiyksikön rakenne. /1, s. 66./**

## 4.5. HART

HART (Highway Addressable Remote Transducer) on kenttälaitteprotokolla, jossa analogisen virtaviestin rinnalla kuljetetaan tietoa digitaalisessa muodossa. HART on yksinkertainen ja helppo tapa lisätä virtaviestiin digitaalista informaatiota. Digitaalista viestiä kuljetetaan analogisen virtaviestin päällä siten, että 1200 Hz vastaa ykköstä ja 2200 Hz nollaa. HART-protokollassa tiedon siirtäminen on kahden suuntaista. HART-laitteita voidaan ohjelmoida muualtakin kuin laitteen läheisyydestä, esimerkiksi kuvassa 26 esitetyn HART Communicatorin avulla.

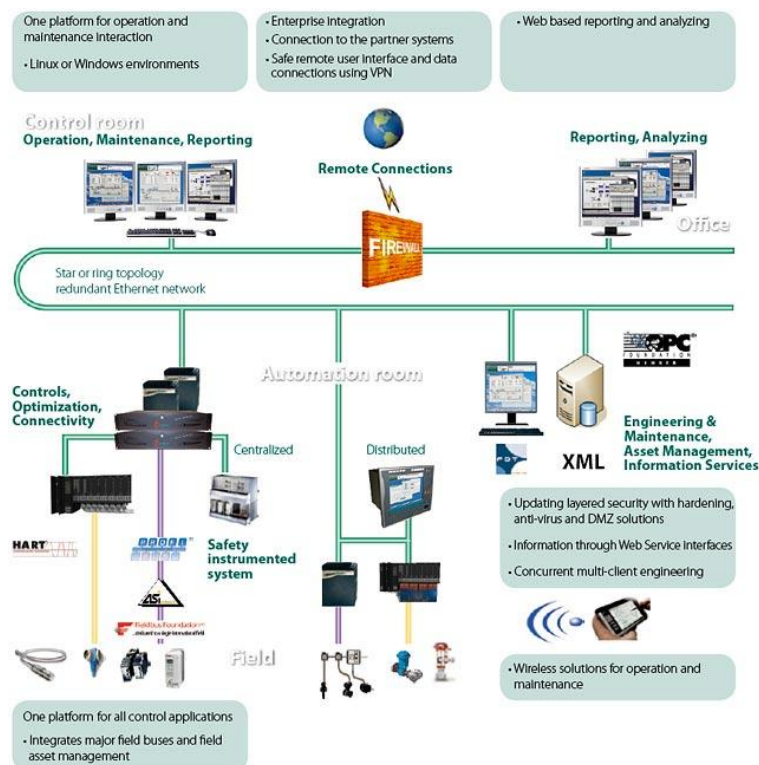


**Kuva 26. HART Communicator /2, s. 9./**

## 5. metsoDNA

metsoDNA on uuden sukupolven automaatio ja informaatio alusta. Sillä voidaan toteuttaa erilaisten prosessien ja koneiden ohjauksia, sitä voidaan käyttää laadun ohjauksessa ja se soveltuu myös mekaanisen kunnossapidon työkaluksi. metsoDNA on laajennettavissa pienistä mikrojärjestelmistä suuriin tehdaskohtaisiin ratkaisuihin, jotka tukevat kansainvälisen yrityksen toimintaa. /6/

Kuvassa 27 on esitetty metsoDNA:n verkkoarkkitehtuuria. Tähteen tai renkaaseen kytkettyyn ethernet-verkkoon voidaan kytkeä kaikki automaation ja tuotannon suunnitteluun, ohjaukseen ja raportointiin liittyvät työkalut. metsoDNA voidaan liittää langattoman yhteyden kautta myös muihin järjestelmiin. VPN-yhteyden avulla järjestelmään voidaan ottaa turvallisesti yhteys mistä tahansa internet-yhteyden välityksellä. /7/



Kuva 27. metsoDNA:n verkkoarkkitehtuuri /7/

## 5.1. metsoACN SR1 –prosessinohjain

Kappaleissa 5.1.1.–5.1.4. on esitetty metsoACN SR1 –prosessiohjaimen ominaisuuksia järjestelmän kytkennän ja käyttöönoton näkökulmasta.

### 5.1.1. Käyttö

metsoACN SR1 on metsoACN I/O –tuotteiden kanssa käytettävä pienikokoinen kiskoasenteinen prosessinohjauspalvelin. metsoACN SR1 –prosessinohjaimen toiminnallisuus ja IBC-prosessiväyläohjaimen toiminnallisuus voidaan integroida yhteen metsoACN SR1 –yksikköön (kuva 28). Tämä kokoonpano mahdollistaa metsoACN SR1:n kommunikoida enintään yhden metsoACN I/O –ryhmän eli 16 metsoACN I/O –yksikön kanssa. /4, s. 3/



**Kuva 28. Integroitu metsoACN SR1 -prosessiohjain ja IBC-prosessiväyläohjain**

/4, s. 3./

### 5.1.2. Ominaisuudet

Taulukossa 1 on esitetty metsoDNA SR1 -prosessiohjaimen väylien tekniset ominaisuudet.

**Taulukko 1. Väylät /4, s. 3./**

Ethernet-prosessiväylä	10/100 Mbit/s Ethernet
Kaappikenttäväylä	3 Mbit/s RS-485
Kahdennusväylä	RM/RS 400 kbit RS-485

### 5.1.3. Toimintakuvaus

#### Prosessiväylä

metsoACN SR1 liittyy Ethernet-liittynnän kautta prosessiväylään (10/100Base-T-väylä). Kun Ethernet-väylä on oikein kytketty, palaa etulevyssä merkkivalo LNK. Kun Ethernet toimii 100Base-T-moodissa, palaa etulevyssä merkkivalo 100. Jos valo ei pala, mutta LNK-valo kuitenkin palaa, toimii Ethernet 10Base -T-moodissa. Kun Ethernet-väylällä on liikennettä, palaa etulevyssä merkkivalo ACT. Ethernet-väylä kytketään metsoACN SR1 -yksikön RJ-45-liittimeen. /4, s. 4./

#### Kenttäväylä

metsoACN SR1 liittyy kaappikenttäväylän kautta IBC-yksiköihin. Kenttäväylän nopeus on 3 Mbit/s. metsoACN SR1:n kenttäväylään voi liittyä 2 IBC-yksikköä. Väylä päätetään molemmista päistä CBT-yksiköllä. Kun yksikkö lähettää dataa kaappikenttäväylälle, etulevyssä palaa merkkivalo FB TX. Kun dataa vastaanotetaan kaappikenttäväylältä, palaa etulevyssä merkkivalo FB RX. Kaappikenttäväylä liitetään RJ-45-kaapelilla MBB/MBR-asennusalan liittimeen X12. /4, s. 4./



## Kahdennusväylät

Kahdennettujen metsoACN SR1 -yksiköiden välille kytketään kahdennusväylät. Kahdennusväylät kulkevat samoissa MBB- ja MBR-asennusalojen RJ-45-liittimiin kytketyissä kaapeleissa kuin kenttäväylät. CBT-yksiköitä tarvitaan kolme kappaletta ja niitä käytetään sekä kenttäväylän päättämiseen että kahdennusväylien ketjuttamiseen pää- ja varametsoACN SR1 -yksiköiden välillä. /4, s. 4./

### 5.1.4. Merkkivalot

metsoACN SR1 -yksiköllä on 16 merkkivaloa /3, s. 6/. Taulukossa 2 on esitetty merkkilamppujen merkitys. Kuvassa 29 on esitetty metsoACN SR1:n etupaneeli.

**Taulukko 2. metsoACN SR1 -yksikön merkkivalojen merkitys /4, s. 6./**

Vasen sarake edestä katsottuna				Oikea sarake edestä katsottuna		
Merkitys	Väri	Teksti		Väri	Merkitys	
Ohjelmiston havaitsema virhetilanne	Pun.	<b>F</b>		<b>RUN</b>	Vihr.	Käynnissä oleva metsoACN SR1
Ethernet-yhteys aktiivinen	Kelt.	<b>LNK</b>		<b>SBY</b>	Kelt.	Käynnistynyt metsoACN SR1
Jatkuva: 100 Mbit/s yhteys Ethernetissä Pimeä: 10 Mbit/s yhteys (mikäli LNK päällä)	Kelt.	<b>100</b>	<b>ETH</b>	<b>ACT</b>	Kelt.	Ethernetissä liikennettä
Vastaanotto kaappikenttäväylältä	Kelt.	<b>RX</b>	<b>FB</b>	<b>TX</b>	Kelt.	Lähetys kaappikenttäväylälle
Vastaanotto slave-varmistusväylältä	Kelt.	<b>RX</b>	<b>RS</b>	<b>TX</b>	Kelt.	Lähetys slave-varmistusväylälle
Vastaanotto master-varmistusväylältä	Kelt.	<b>RX</b>	<b>RM</b>	<b>TX</b>	Kelt.	Lähetys master-varmistusväylälle
Ei käytössä	Kelt.	<b>RX</b>	<b>IO1</b>	<b>TX</b>	Kelt.	Ei käytössä
Ei käytössä	Kelt.	<b>RX</b>	<b>IO2</b>	<b>TX</b>	Kelt.	Ei käytössä



**Kuva 29. metsoACN SR1 -yksikkö /4, s. 5./**

## 5.2. metsoACN I/O -yksiköt

Kappaleissa 5.2.1.–5.2.4. on esitetty metsoACN I/O -yksiköiden ominaisuuksia kytkennän ja käyttöönoton näkökulmasta.

### 5.2.1. DI8P (digital input unit, pnp)

#### Käyttö

DI8P on kahdeksankanavainen digitaalituloyksikkö, jota käytetään kosketintietojen, kaksijohdinkytkentäisten lähestymiskytkinten tai PNP-tyyppisten kytkinten lukemiseen. DI8P-yksikkö sisältää kanavakohtaisen virtarajoitetun (40 mA) jännitesyötön. Tuloihin voidaan kytkeä logiikkasuunnaltaan positiivisia (PNP) signaaleja. Yksikkö voidaan parametroida joko digitaalitulo- tai pulssilaskentamoodiin. /5, s. 103./

#### Kenttäliitynnät

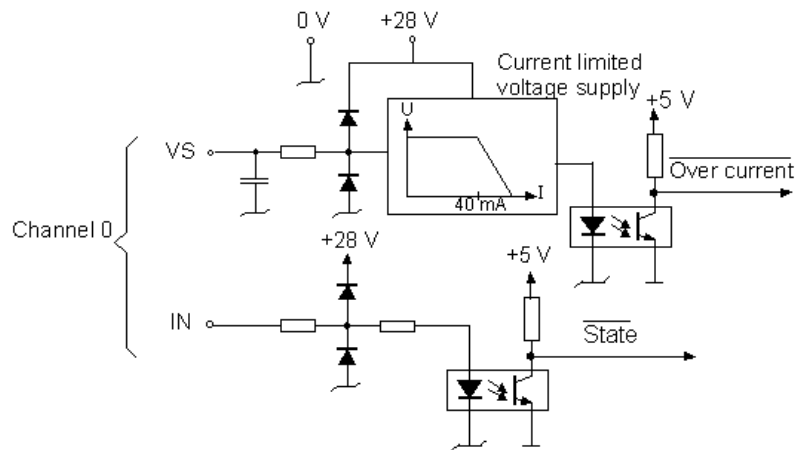
Taulukossa 3 on esitetty tulokortin DI8P kenttäliitynnät.

**Taulukko 3. Tulokortin DI8P kenttäliitynnät /5, s. 105./**

Tulot	DI8P D201126
Tuloimpedanssi	1,7 k $\Omega$ (24V), 2,2 k $\Omega$ (0V)
Kanavakohtainen virtarajoitus	40 mA
Kentän jännitesyötöt [VS]	18...32 VDC
Kenttäiirin maks. vuotovirta	2 mA
Suodatus	$\tau = 0,5\text{ms}$
Kanavamäärä	8
Pulssitaajuus	< 400 Hz
Parametroitava lyhin pulssinpituus	1...500 ms
Parametroitava pulssin pitoaika	0...1250 ms
Mittausväli	1,0 ms
Kenttäpiirin sähkönsyöttö	Kenttäjännite

## Tulopiiri

Kuvassa 30 on esitetty DI8P-yksikön tulopiiri.



**Kuva 30. DI8P-yksikön tulopiiri /5, s. 106./**

## Merkkivalot

Yksiköllä on kahdeksan keltaista merkkivaloa, jotka on merkitty 0...7. Merkkivalo palaa, kun kyseisen kanavan tulo on tilassa '1'. /5, s. 110./

### 5.2.2. DO8P (digital output unit, pnp)

#### Käyttö

DO8P on kahdeksankanavainen digitaalilähtöyksikkö, joka sisältää kanavakohtaisen virtarajoitetun jännitesyötön. Yksikön jokaisella kanavalla on mekaanisella releellä toteutettu normaalisti auki oleva kytkin. Yksikkö ohjaa PNP-lähdöllä merkkilamppuja, magneettiventtiileitä yms. tai välireleiden kautta moottoreita ja venttiileitä. /5, s. 141./

#### Kenttäliitynnät

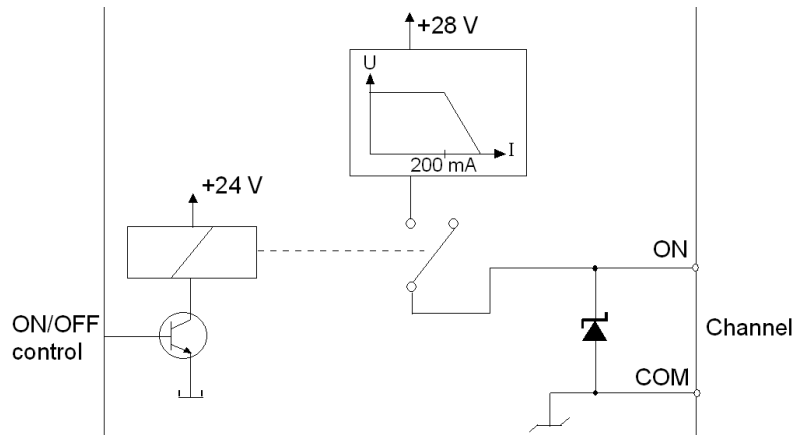
Taulukossa 4 on esitetty DO8P-yksikön kenttäliitynnät.

**Taulukko 4. DO8P-yksikön kenttäliitynnät /5, s. 142./**

Lähdöt	DO8P D201129
Lähtöjännite	17...30 VDC
Pienin sallittu kuormaimpedanssi	160 $\Omega$
Lähtövirta	< 200 mA
Oikosulkuvirta	< 300 mA
Induktiivinen kuorma	< 3 W
Releiden elinikä 32 VDC 0,25 A:n kuormalla	5 x 10 <sup>6</sup> kytkentää
Kanavamäärä	8
Parametroitava turvatilaan siirtymisaika	1 s ... 4h
Parametroitava kanavakohtainen turvatila	Ei muutosta / 0 / 1
Kenttäpiirin sähkönsyöttö	Kenttäjännite

## Lähtöpiiri

Kuvassa 31 on esitetty DO8P-yksikön lähtöpiiri.



**Kuva 31. DO8P-yksikön lähtöpiiri /5, s. 143./**

## Merkkivalot

Yksiköllä on kahdeksan keltaista merkkivaloa, jotka on merkitty 0...7. Merkkivalo palaa, kun kyseisen kanavan lähtö on tilassa '1'. /5, s. 147./

### 5.2.3. AI8H (analog input unit, HART)

#### Käyttö

AI8H-yksikkö on kahdeksankanavainen analogiatuloyksikkö, jota käytetään analogisten virtaviestien mittaamiseen. Tuotteessa on HART-standardin mukainen kommunikointiliityntä tulokanaville. Yksikkö AI8H D201189 on tarkoitettu 0/4...20 mA virtaviestien mittaamiseen. Yksikön jokaisella kanavalla on itsenäinen lähettimen tehonsyöttö. Yksikkö rajoittaa syöttövirtaa ja valvoo syöttöjännitettä. Mittausalue valitaan ja normalisoidaan ohjelmallisesti. Tuleville viesteille suoritetaan analoginen RF- ja alipäästösuodatus sekä ohjelmallinen digitaalinen suodatus. AI8H-yksikkö valvoo kenttäpiirin oikosulkua ja katkosta sekä mittausalueen ylitystä ja alitusta. /5, s. 19./

#### Kenttäliitynnät

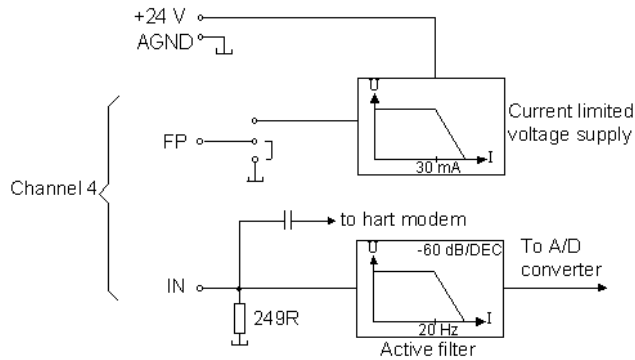
Taulukossa 5 on esitetty AI8H-yksikön kenttäliitynnät.

**Taulukko 5. AI8H-yksikön kenttäliitynnät /5, s. 120./**

Tulot	AI8H D201189
Mittausalue	0...20mA tai 4...20mA
Tuloimpedanssi	249 $\Omega$
Kanavakohtainen virtarajoitus	30 mA
Lähettimen jännitesyötöt [V]	$U_{nom} = 24$ VDC, $U_{min} = 21$ VDC
Tarkkuus	0,1% $\pm$ 0,05% / 10 °C
AD -resoluutio	16 bit
Suodatus	-3 dB, 20 Hz
Kanavamäärä	8
Parametroitava ohjelmallinen suodatus	35ms...81s
Mittausväli	4,4 ms
Kenttäpiirin sähkönsyöttö	Käyttöjännite

## Tulopiiri

Kuvassa 32 on esitetty AI8H-yksikön tulopiiri.



**Kuva 32. AI8H yksikön tulopiiri /5, s. 21./**

## Merkkivalot

Yksiköllä on kahdeksan merkkivaloa, jotka on merkitty 0...7. Merkkivalo palaa jatkuvasti punaisena, kun kanavan kenttäpiirissä on katkos tai oikosulku. Merkkivalo vilkkuu punaisena 3 Hz:n taajuudella, kun kanavan mittausalueen ala- tai ylähälytysraja on ylitetty. Merkkivalo palaa keltaisena, kun HART-kommunikointikanava on käynnissä. Merkkivalojen toimintaan voidaan vaikuttaa ohjelmoitavalla parametrilla 'flight'. /5, s. 26./



### 5.2.4. AO4 (analog output unit)

#### Käyttö

AO4-yksiköt ovat nelikanavaisia analogialähtöyksiköitä, joita käytetään antamaan virta- ja jänniteviestejä erilaisille toimilaitteille ja analogiasäätimille. Yksikön AO4C D200136 lähdöt ovat 0/4...20 mA:n virtaviestejä ja yksikön AO4V D201137 lähdöt 0/2...10 V:n jänniteviestejä. AO4-yksiköt valvovat kenttäpiirin katkosta ja oikosulkua. /5, s. 35./

#### Kenttäliitynnät

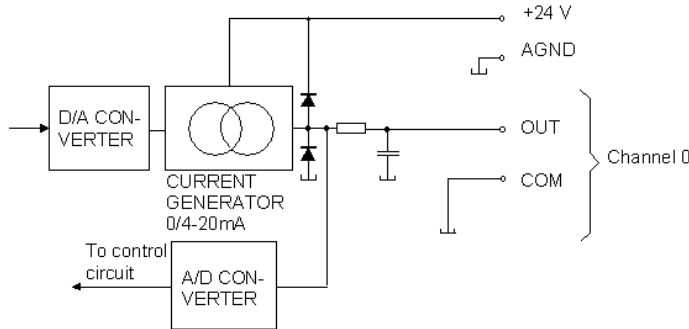
Taulukossa 6 on esitetty AO4-yksikön kenttäliitynnät.

**Taulukko 6. AO4-yksikön kenttäliitynnät /5, s. 36./**

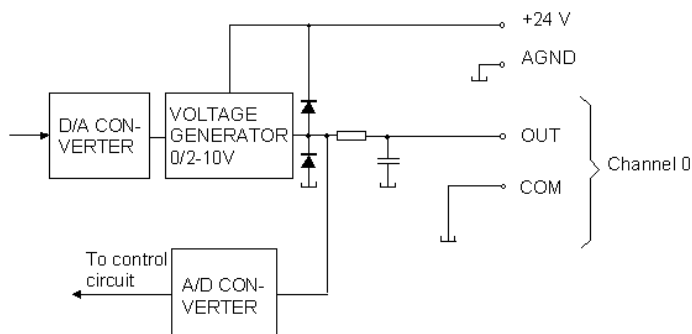
Lähdöt	AO4C D201136	AO4V D201137
Lähtöalue	0...20 mA tai 4...20mA	0...10V tai 2...10v
Katkosraja	>750 ohmia	-
Oikosulkuraja	Ei rajaa / 75 ohmia / 125 ohmia / 375 uhmia	1 kohmi
Tarkkuus	0,1% ±0,05%/10°C	
DA-resoluutio	14 bit	
Kanavamäärä	4	
Parametroitava ohjelmallinen lähtöviestin nousuaika	0s...40s	
Päivitysväli	4,4 ms	
Kenttäpiirin sähkönsyöttö	Käyttöjännite	

## Lähtöpiiri

Kuvassa 33 on esitetty AO4-yksikön lähtöpiiri AO4C ja kuvassa 34 lähtöpiiri AO4V.



**Kuva 33. AO4-yksikön lähtöpiiri AO4C /5, s. 37./**



**Kuva 34. AO4-yksikön lähtöpiiri AO4V /5, s. 37./**

## Merkkivalot

Yksiköllä on neljä punaista merkkivaloa, jotka on merkitty 0...3. Merkkivalo palaa jatkuvasti, kun virtalähdöllä linjan resistanssi on liian pieni tai jännitelähdöllä lähdön jännite on alle 90 % asetellusta. Merkkivalo vilkkuu 3 Hz:n taajuudella, kun virtalähdöllä linjan resistanssi on liian suuri tai jännitelähdöllä lähdön jännite on yli 110 % asetellusta.  
/5, s. 41./

## **6. SUUNNITTELU JA DOKUMENTOINTI**

Luvun 6 kappaleissa on kuvattu opinnäytetyön etenemisen vaihteita ja työn toteutusta. Kappaleissa 6.2.–6.7. on kuvattu vesiprosessin automaattisuunnitelmien laatiminen. Työn tuloksena syntyneet automaattisuunnitelmat ovat opinnäytetyön liitteenä.

### **6.1. Suunnittelutyökalut**

Sähkö- ja automaatiopiirustusten piirto-ohjelmaksi valittiin AutoCAD-ohjelma, jota käytetään yksikössä myös opetuskäytössä. Tällä hetkellä sähköosastolla on käytössä AutoCAD 2008 -versio. Joitakin vuosia sitten sähköosastolle on hankittu sähkösuunnitteluun tarkoitettu AutoCAD-sovellus Sähkö-ARK. Ohjelma sisältää kiinteistöjen sähköasennuksessa tarvittavien piirtotyökalujen lisäksi piirikaavion piirtämiseen tarkoitettuja työkaluja. Lisäksi työssä käytettiin Windows-ympäristöstä tuttua Excel-tilukkolaskentaohjelmaa. Tiedon hankinnassa käytettiin Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun ja Kaukovainon yksikkö tekniikan kirjasto- ja tietopalvelua ja www-sivuilla olevia hakukoneita.

### **6.2. PI-kaavio**

Uuden PI-kaavion piirtäminen tehtiin vanhan jo haalistuneen PI-kaavion pohjalta. Osa tuossa piirustuksessa esitetystä prosessin osista (ilmastointikone + lämminvesivaraaja) poistettiin yksikön peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2005. Prosessiin tehtiin samalla myös muita putkisto- ja laitteistomuutoksia. Uuden PI-kaavion piirtäminen toteutettiin putkia seuraamalla sekä mittauksia, ohjauksia ja laitteita tunnistamalla.

PI-kaavion piirtämiseen ei ollut käytössä AutoCAD-sovellusta, vaan kaikki piirrosmerkit piirrettiin alusta pitäen. Piirtämisen apuna käytettiin standardeja SFS 4103 Instrumentoinnin piirrosmerkit, SFS 5018 Järjestelmät ja SFS 4286 Prosessikaavioiden

piirrosmerkit. Demo 1 ja 2 ovat fyysisesti lähekkäin ja osittain putkistojen kautta yhdistettävissä. Työssä piirrettiin kumpaakin vesiprosessin osaa esittävä PI-kaavio. Liitteessä 1/1 on esitetty PI-kaavio Demo 1 ja 2 ja liitteessä 1/2 PI-kaavio Demo 1.

### **6.3. Demo 1 -laitekaapin layout**

Demo 1 -laitekaapin layout ja siihen merkittyjä laitetunnuksia tarvitaan muiden sähkö- ja automaatio suunnitelmien laatimisessa. Normaalisti laitekaapin layout suunnitellaan ja piirretään ennen laitekaapin valmistamista. Tässä tapauksessa laitekaappi oli jo valmis ja liitteessä 2 esitetty Demo 1 -laitekaapin layout tehtiin siis jälkikäteen. Laitekaappiin Demo1 oli aiemmin lisätty yksi apurele, joka nimettiin laitetunnuksella D1. Kaapeloinnin yksinkertaistamiseksi siirrettiin vanhassa laitekaapissa JK1000/OP1000 sijainnut lämpötilalähetin laitekaappiin Demo 1.

### **6.4. Demo 1 -laitekaapin jännitejako**

Jännitejako piirretään normaalisti ennen laitekaapin rakentamista. Nyt laitekaappi oli jo valmis ja jännitejakoa esittävä piirustus tehtiin jälkikäteen. Tehtävä oli työläs, koska se edellytti johtokourujen purkamista ja yksittäisten johtimien seuraamista riviliittimeltä kojeelle tai päinvastoin. Selvitystyön aikana huolehdittiin siitä, että laitekaapin sisäinen kytkentä pysyi ennallaan ja siistinä. Liitteessä 3 esitetty jännitejako oli suhteellisen yksinkertainen ja osittain ennalta arvattavissa. Aikaa kytkennän selvittämiseen kului kuitenkin runsaasti.

## 6.5. Kiertovesipumpun P-2 pää- ja ohjauspiirikaavio

Työn haastavin suunnittelutehtävä oli pumpun P-2 pää- ja ohjauspiirikaavion suunnittelu ja piirtäminen. Kiertovesipumpun P-2 ohjaus edellyttää kaapelointia taajuusmuuttajan, laitekaapin JK1000, laitekaapin JK1000/OP1000 ja Demo 1:n välillä. Lisäksi laitekaapissa JK1000 on laitekaapin sisäistä johdotusta. Riviliittimeltä kojeelle tehtävien viittausten osalta piti olla todella tarkkana.

Liitteessä 4 on esitetty kiertovesipumpun P-2 pää- ja ohjauskaavio. Piirrosmerkkien pohjana käytettiin Sähkö-ARK-ohjelmasta saatuja valmiita piirrosmerkkejä. Osa piirrosmerkeistä tehtiin itse Sähkö-ARK-ohjelmassa käytettyjen piirrosmerkkien pohjalta.

## 6.6. Muut piirikaaviot

Liitteessä 5 on esitetty mittausten ja ohjausten liittäminen metsoDNA-automaatiojärjestelmään. Automaatiopiirustuksia laaditaan käyttäen erilaisia esittämistapoja. Esimerkiksi tehtailla saattaa olla omia standardeja käytetyistä piirtämistavoista. Tähän työhön valitsin esittämistavaksi säätöpiirin ja PI-kaavion yhdistelmän sijaan tuloihin ja lähtöihin pohjautuvan esitystavan. Se on mielestäni selkeä ja havainnollinen.

Piirrosmerkkien pohjana käytin Sähkö-ARK-ohjelmasta saatavia piirrosmerkkejä. Osan piirrosmerkeistä tein itse, esimerkiksi automaatiojärjestelmän I/O:ta kuvaavan piirrosmerkin. Laitteiden ja kaapeleiden nimeämisessä noudatin aikaisemmasta suunnittelusta vastanneen suunnittelutoimiston AA-Control:n luomaa logiikkaa. Automaatiojärjestelmän I/O-kortteja kuvaavien piirrosmerkkien päälle kirjoitin metsoDNA:ssa käytetyn I/O -position ja alimmaiseksi nimen. metsoDNA:n kytkentään liittyvät tiedot sain automaatiosovellukseen liitetyistä help-tiedostoista.

## 6.7. Laite- ja kaapeliluettelo

Laite- ja kaapeliluettelon laadinnassa oli valittavana, että laaditaanko dokumentit AutoCAD:llä vai taulukkolaskentaohjelmalla. Taulukkolaskentaohjelman tekstinkäsittelyominaisuudet ovat huomattavasti paremmat kuin AutoCAD-ohjelman, joten työvälineeksi valittiin Excel-taulukkolaskentaohjelman. Valmista taulukkopohjaa ei ollut olemassa, vaan se luotiin vanhoja piirustuksia apuna käyttäen. Liitteessä 6 on esitetty Demo 1:n laite- ja kaapeliluettelo.

## 6.8. Käyttöohjeet

Käyttöohjeiden etsiminen aloitettiin sähköosaston entisestä valvomotilasta, johon on siirretty runsaasti opetukseen liittyvää materiaalia yksikön peruskorjauksen aikana. Pitkän ja aikaa vievän etsinnän jälkeen löydettiin käyttöohjeet kaikkiin laiteluettelossa merkittyihin laitteisiin. Internetin hakukoneiden avulla löydettiin sähköisessä muodossa olevat käyttöohjeet taajuusmuuttajaan ja pumppuun P-2. Paperilla olevat käyttöohjeet skannattiin sähköiseen muotoon.

## 6.9. Moodle-oppimisympäristö

Päivän kestävä Moodle-koulutuksen tuloksena sain valmiudet rakentaa opettajan oppimisympäristöä Moodleen. Sivujen rakentaminen olikin aika helppoa. Moodleen siirrettiin kaikki tämän työn liitteenä olevat piirustukset, sähköiseen muotoon talletetut käyttöohjeet, tämän opinnäytetyön mittaustekniikan teoriaa käsittelevä teksti ja vesiprosessista otettuja valokuvia.

## **6.10.Mittaustekniikka**

Tämän opinnäytetyön kappaleessa 4 on käsitelty vesiprosessin osan Demo 1 mittauksissa ja ohjauksissa käytettyä mittaustekniikkaa. Mittaustekniikka tukee opiskelijoiden oppimista heidän tehdessä oppimistehtäviä vesiprosessin parissa. Opinnäytetyössä laadittu mittaustekniikan teoria liitettiin Moodle-oppimisympäristöön opiskelijoiden käyttöön.

## 7. YHTEENVETO

Opinnäytetyöni tavoitteena oli laatia dokumentaatio, jonka avulla vesiprosessin osa Demo 1 voitaisiin kytkeä metsoDNA-automaatiojärjestelmään. Opiskelijoiden oppimisen tueksi työssä haettiin mittaustekniikkaan liittyvää teoretietoa sekä asennustyön tueksi tietoa kentälaitteista. Kaikki dokumentit talletettiin sähköisessä muodossa Moodle-oppimisalustalle.

Laadittujen dokumenttien, sähköiseen muotoon tallettujen käyttöohjeiden ja mittaustekniikan teoretiedon pohjalta opettajalla on paremmat mahdollisuudet hyödyntää vesiprosessin osaa Demo 1 opiskelijoiden oppimisen tukena. Jatkossa dokumentteja on mahdollista muokata prosessin laitteiden tai kytkentöjen muuttuessa. Dokumentteja voidaan käyttää muutoinkin opetuksen tukena. Moodle-oppimisympäristö ja sinne laadittu materiaali tarjoaa opettajille mahdollisuuden kehittää omaa opetustaan. Toivottavasti tämä opinnäytetyö aktivoi opettajia Moodle-oppimisympäristön laajempaan käyttöön opetuksen tukena.

Laaditut automaatiopiirustukset on otettu jo opetuskäyttöön. Opiskelijat johdottavat ja kytkevät vesiprosessin osaa Demo 1 uusien dokumenttien pohjalta. Vesiprosessin osiin Demo 2 ja 3 pitäisi tehdä vastaava automaatiosuunnittelu esimerkiksi opinnäytetyön muodossa. Vesiprosessin opetuskäytön kehittämiseen löytyisi muitakin hyviä opinnäytetyön aiheita.



## 8. LÄHDELUETTELO

/1/ Halko Pekka, Härkönen Sakari, Lähteenmäki Ilkka, Välimaa Taisto, Teollisuuden mittaustekniikka, 6.-7. painos, Oy Edita Ab, 1998

/2/ HART Communicator, [WWW-dokumentti],  
[<http://www.emersonprocess.com/hart/pdf/275book.pdf>] 25.4.2011

/3/ Inor teoriaa, [WWW-dokumentti],  
[<http://www.inor.se/temperatur/temperatur-produkter/TempDellFinsk/Teoriaa.pdf>] 21.4.2011

/4/ Metso, metsoACN SR1, help-tiedosto Metso ACN SR1.pdf, 21.4.2011

/5/ Metso, metsoACN I/O –yksiköt, help-tiedosto Metso ACN io-yksiköt.pdf, 21.4.2011

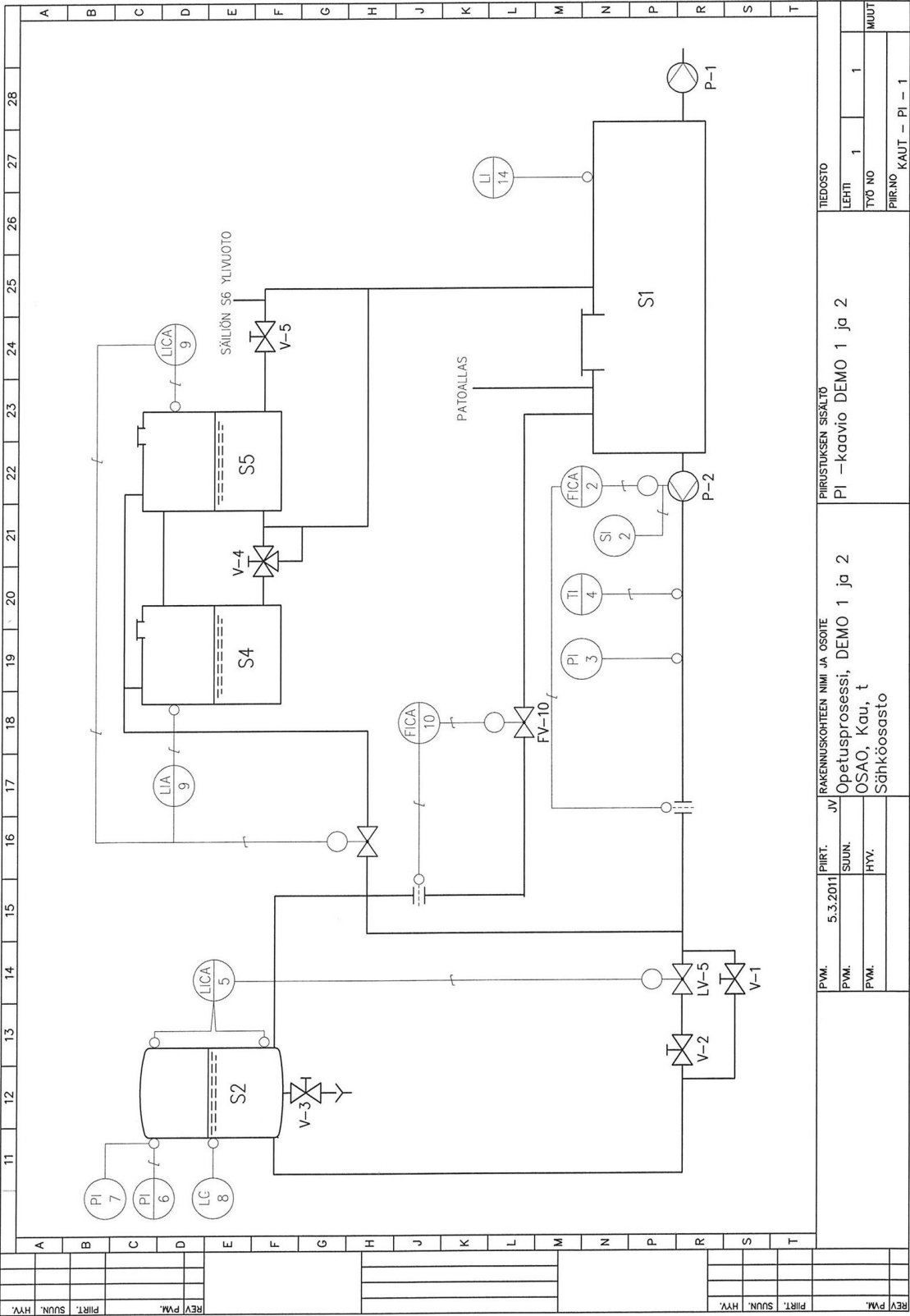
/6/ Metso DNA, [WWW-dokumentti],  
[[http://www.metso.com/Automation/ip\\_prod.nsf/WebWID/WTB-070110-2256F-21D48?OpenDocument](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-070110-2256F-21D48?OpenDocument)] 30.4.2011

/7/ Metso DNA, [WWW-dokumentti],  
[[http://www.metso.com/Automation/ip\\_prod.nsf/WebWID/WTB-070111-2256F-92734?OpenDocument&mid=C2ADD4741ADB4B8C22575C100397067](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-070111-2256F-92734?OpenDocument&mid=C2ADD4741ADB4B8C22575C100397067)] 4.5.2011

/8/ Moodle oppimisympäristö, [WWW-dokumentti],  
[[http://moodle.kyamk.fi/file.php/1/PDF\\_ohjeet/Opiskelijan\\_Moodle-opas.pdf](http://moodle.kyamk.fi/file.php/1/PDF_ohjeet/Opiskelijan_Moodle-opas.pdf)] 30.4.2011

## **9. LIITELUETTELO**

LIITE 1	PI-kaavio Demo 1 ja 2
LIITE 2	Demo 1 kaapin layout
LIITE 3	Demo 1 kaapin jännitejako
LIITE 4	Kiertovesipumppu P2
LIITE 5	Piirikaaviot
LIITE 6	Laite- ja kaapeliluettelo



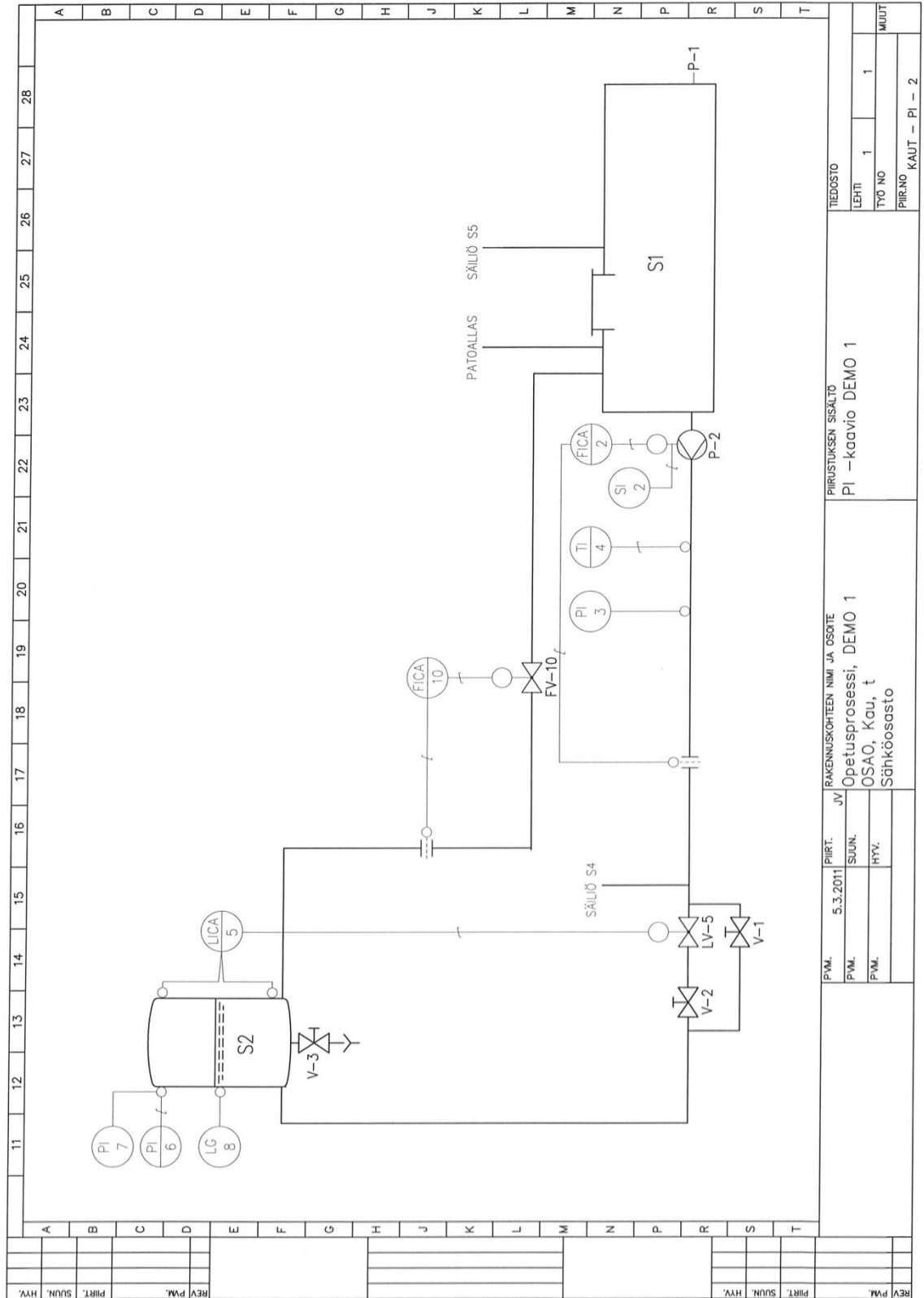
PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ

PI -kaavio DEMO 1 ja 2

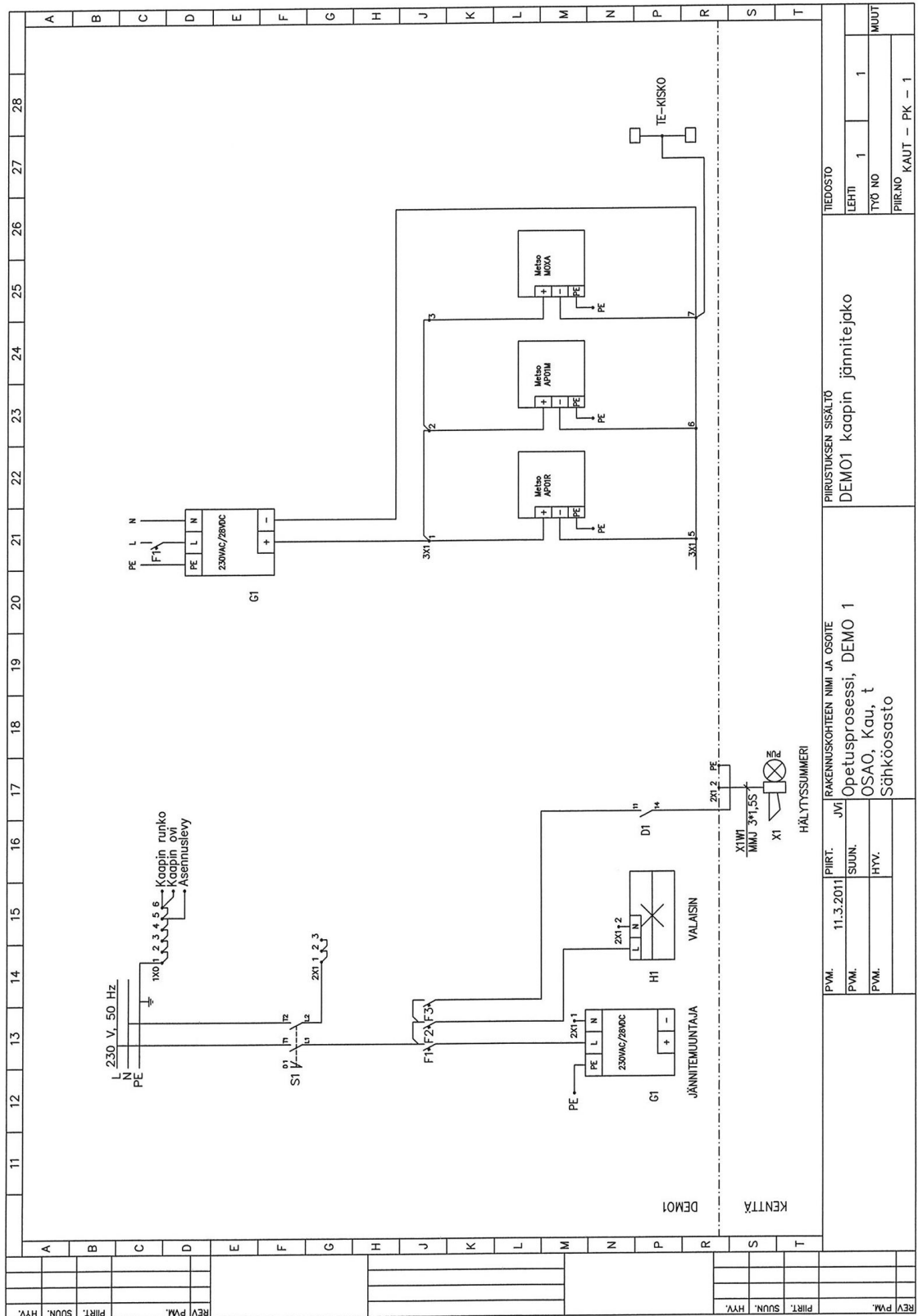
PIIR.NO KAUT - PI - 1

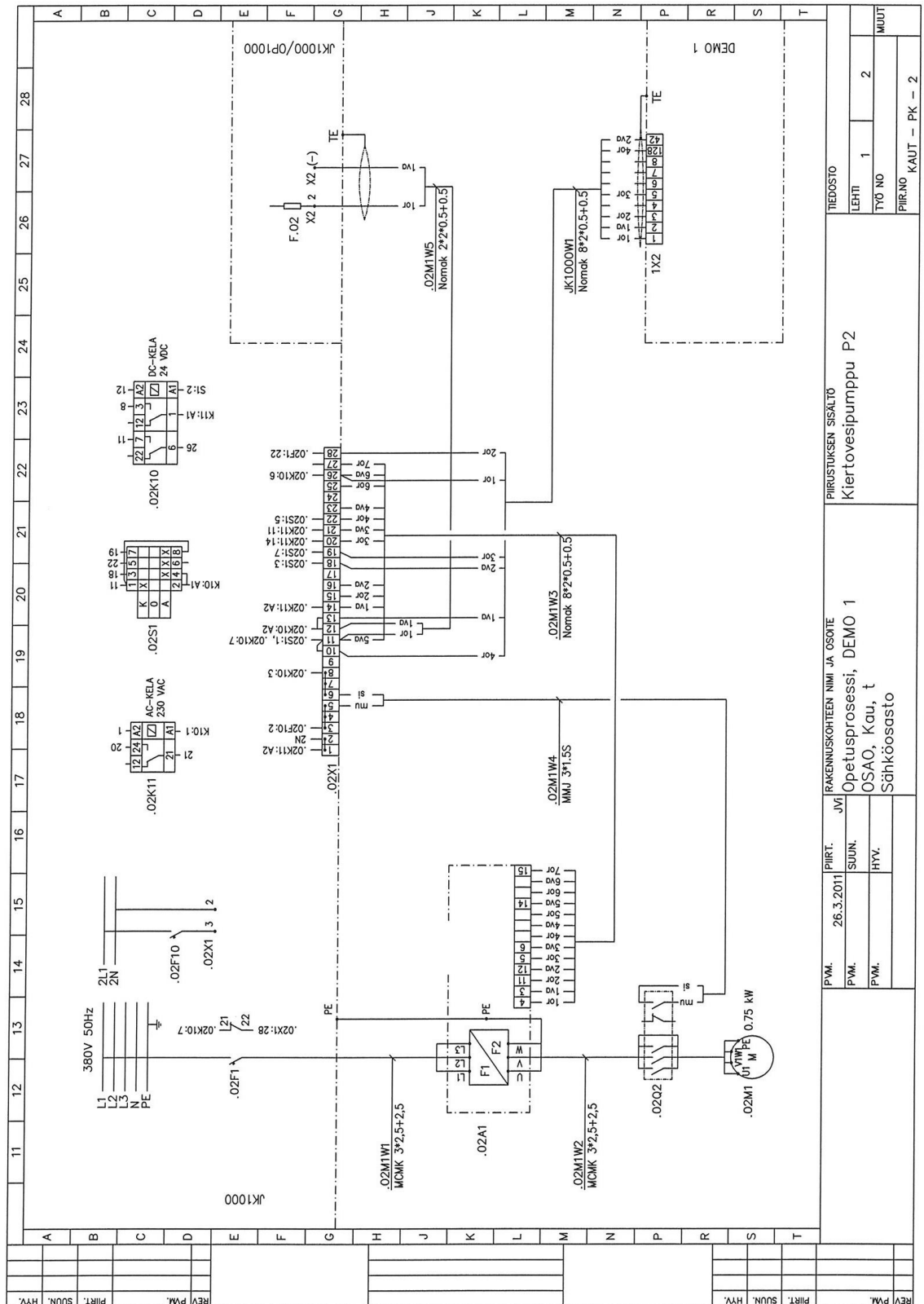
PIIR.NO KAUT - PI - 1

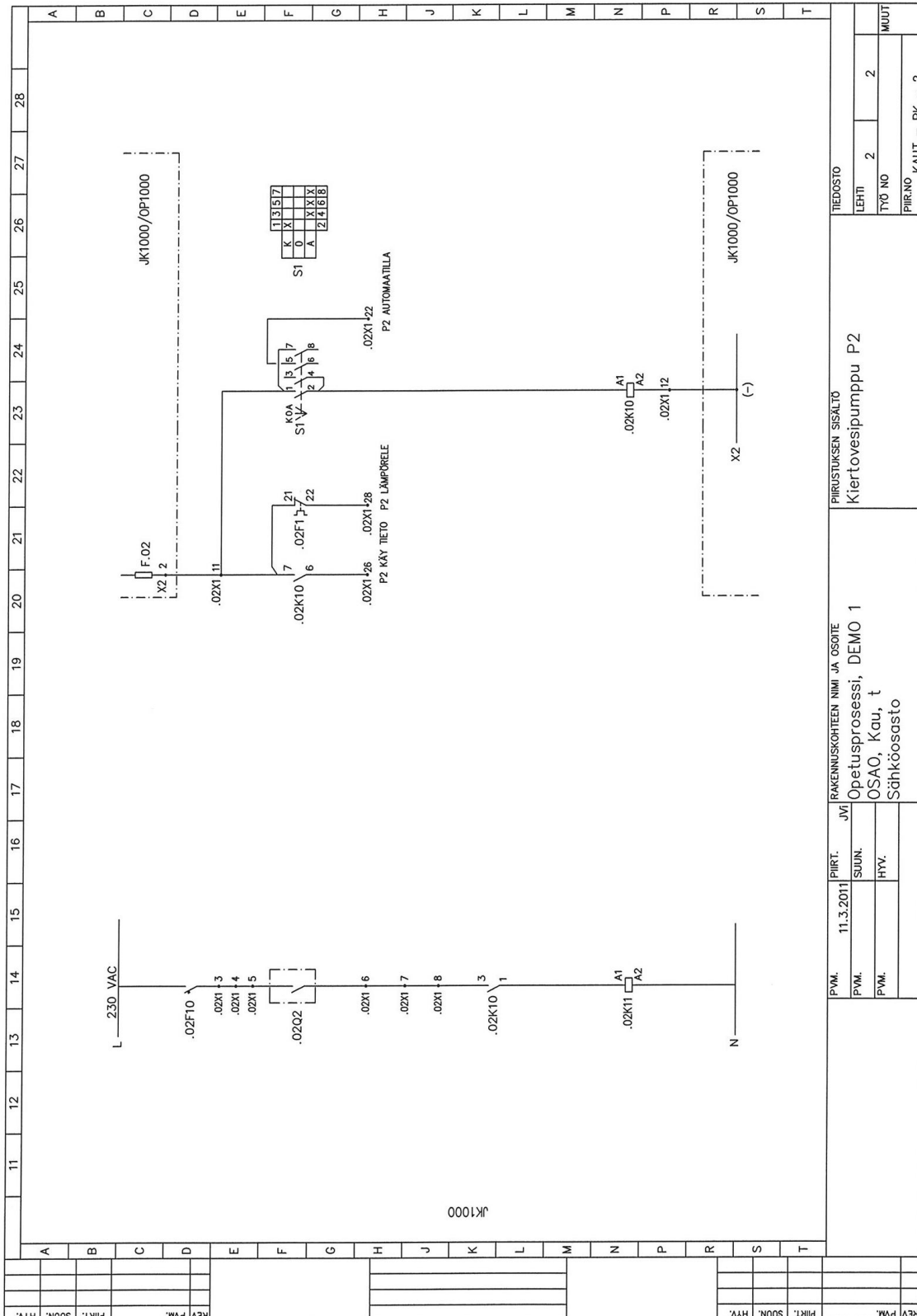
PIIR.NO KAUT - PI - 1



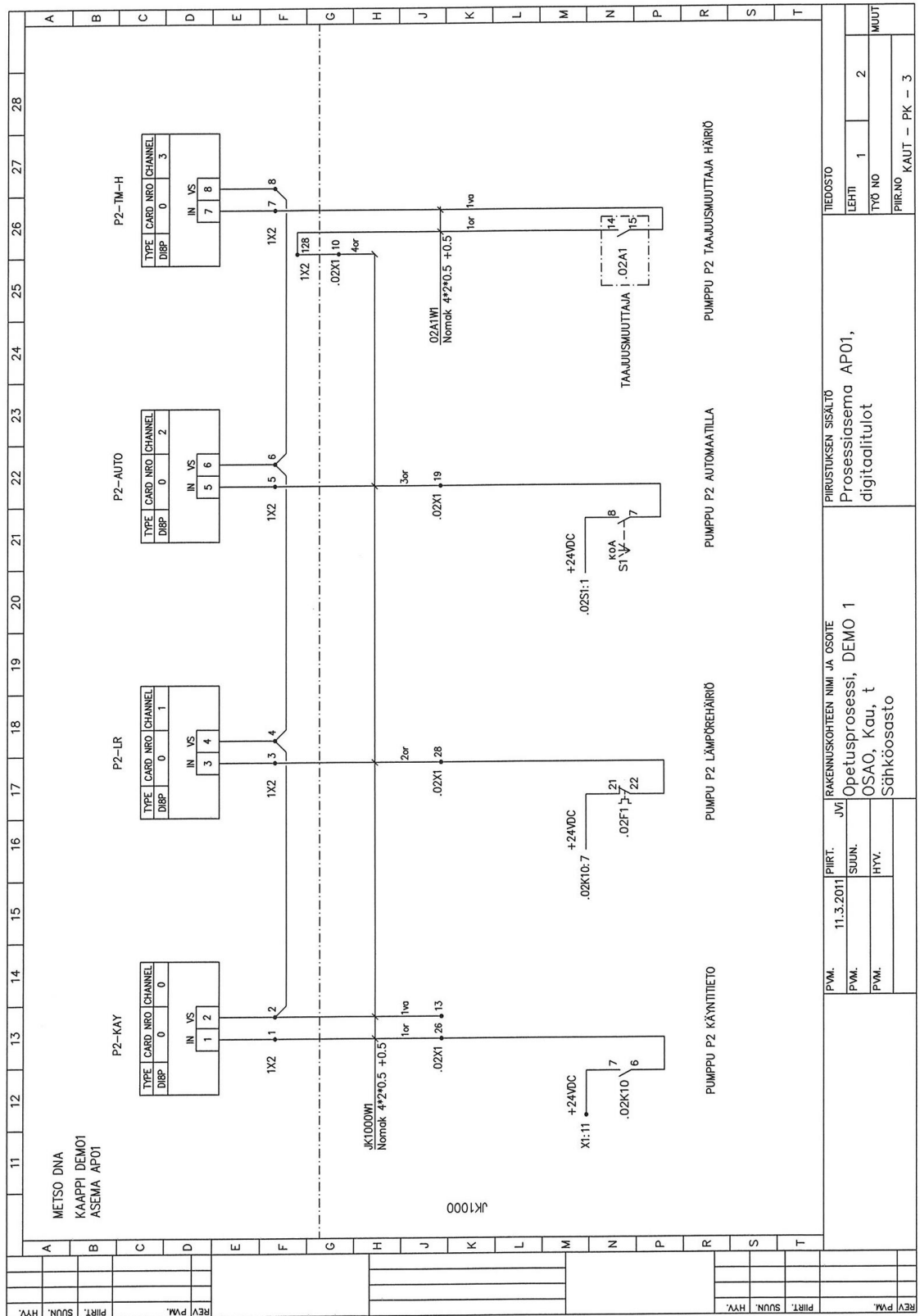


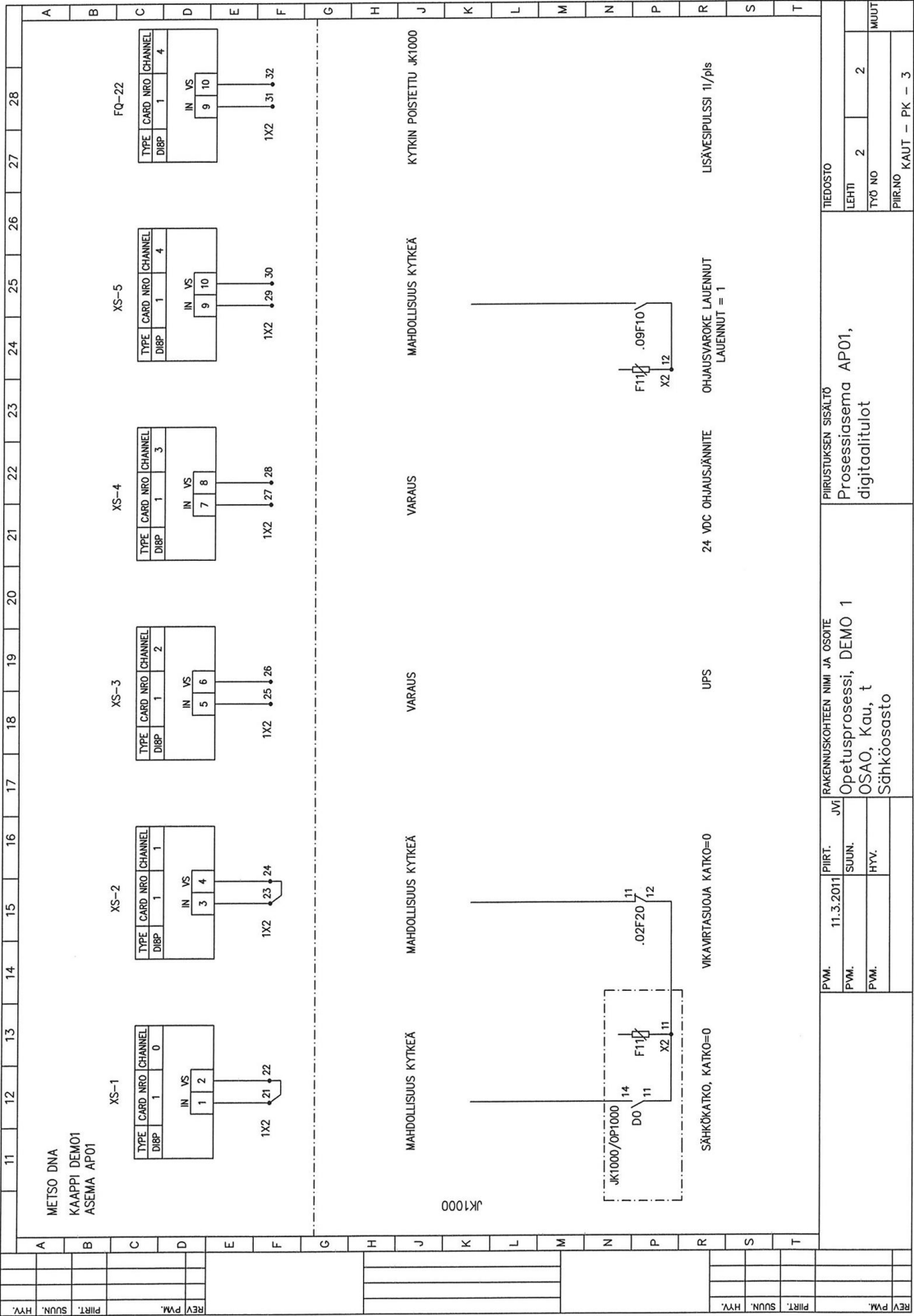












PIRUSTUKSEN SISÄLTÖ  
Prosessiasema AP01,  
digitalitulos

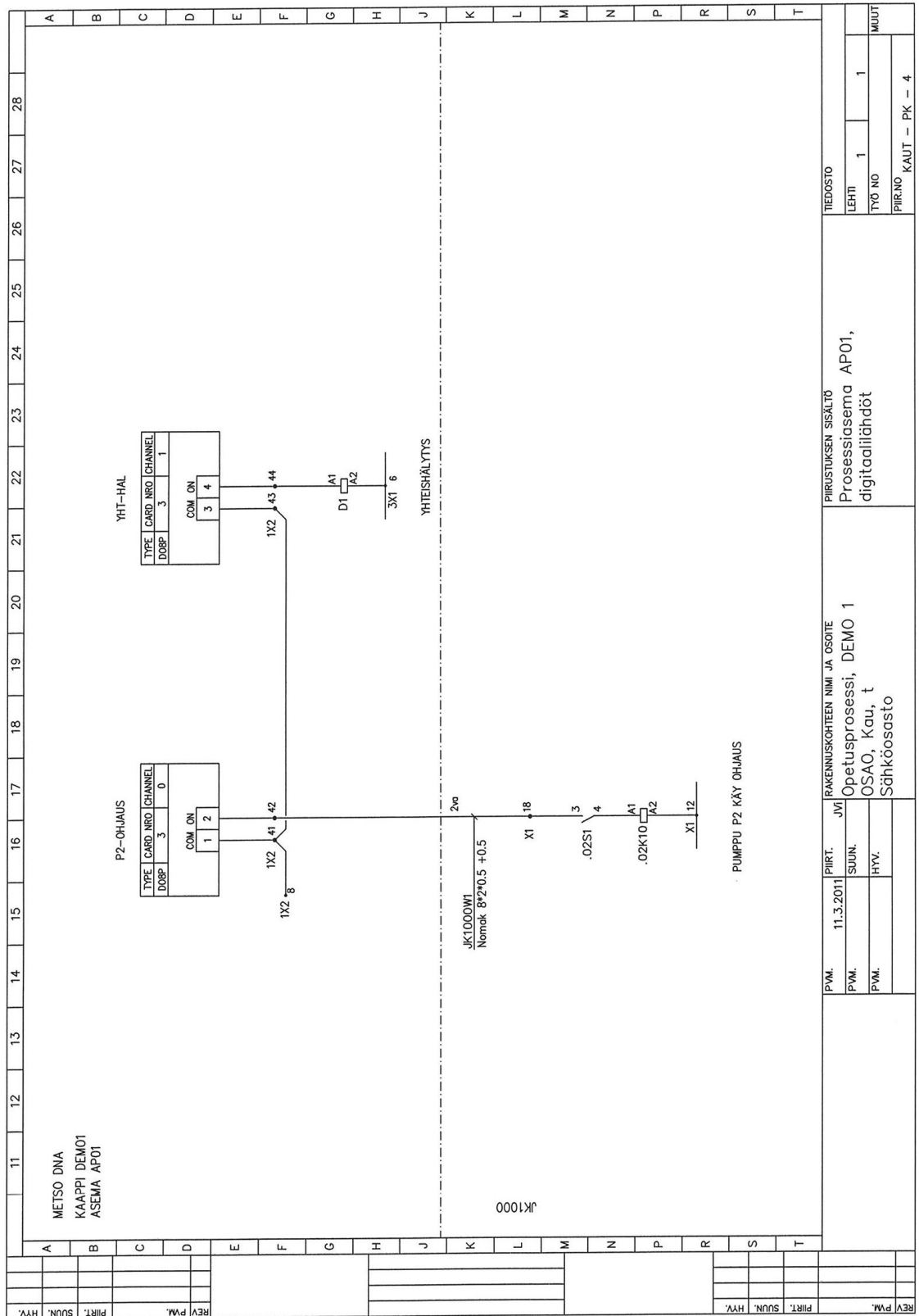
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE  
Opetusprosessi, DEMO 1  
OSAO, Kau, t  
Sähköosasto

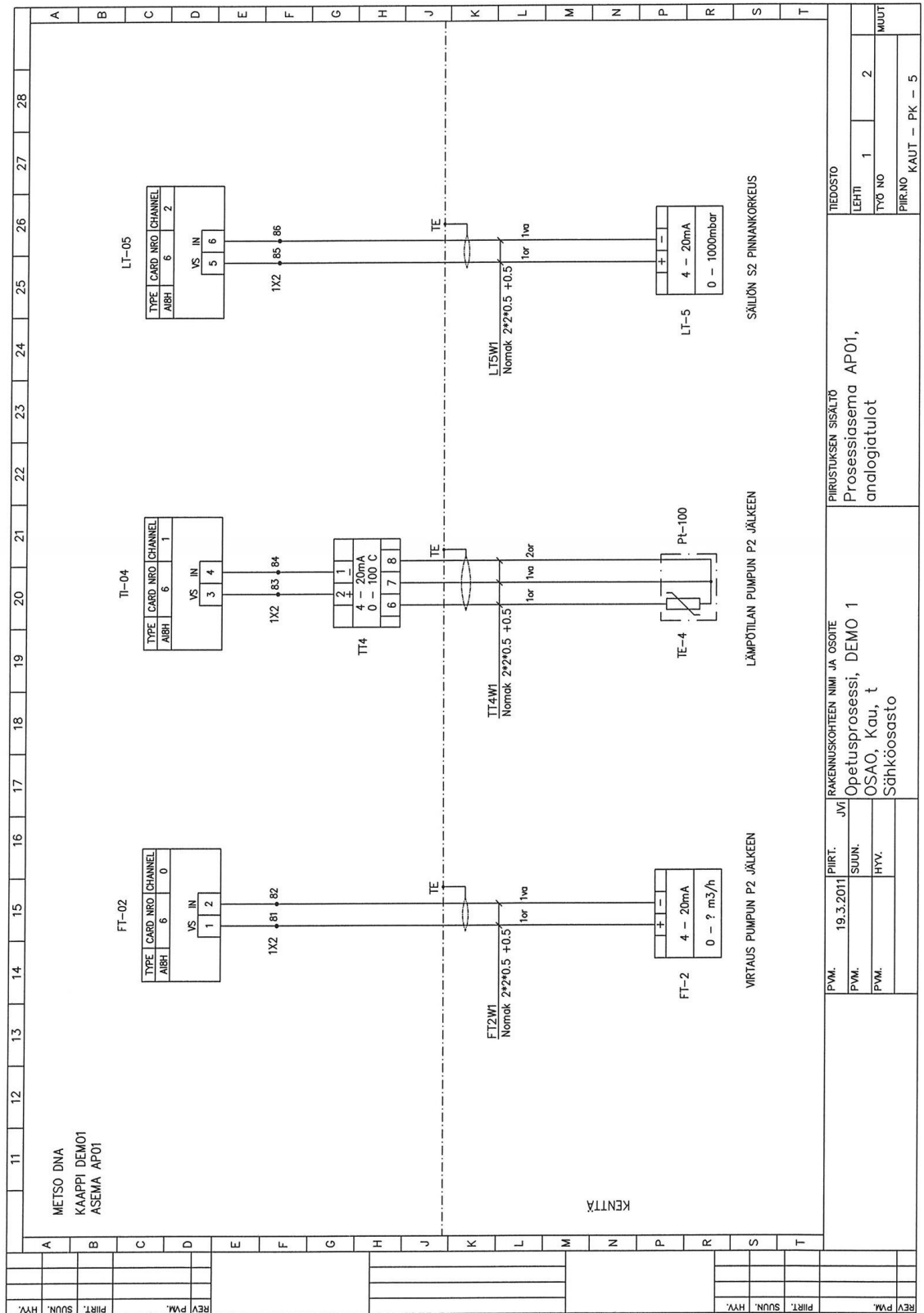
P.M. 11.3.2011 P.IRT. JVI  
P.M. SUUN.  
P.M. HYV.

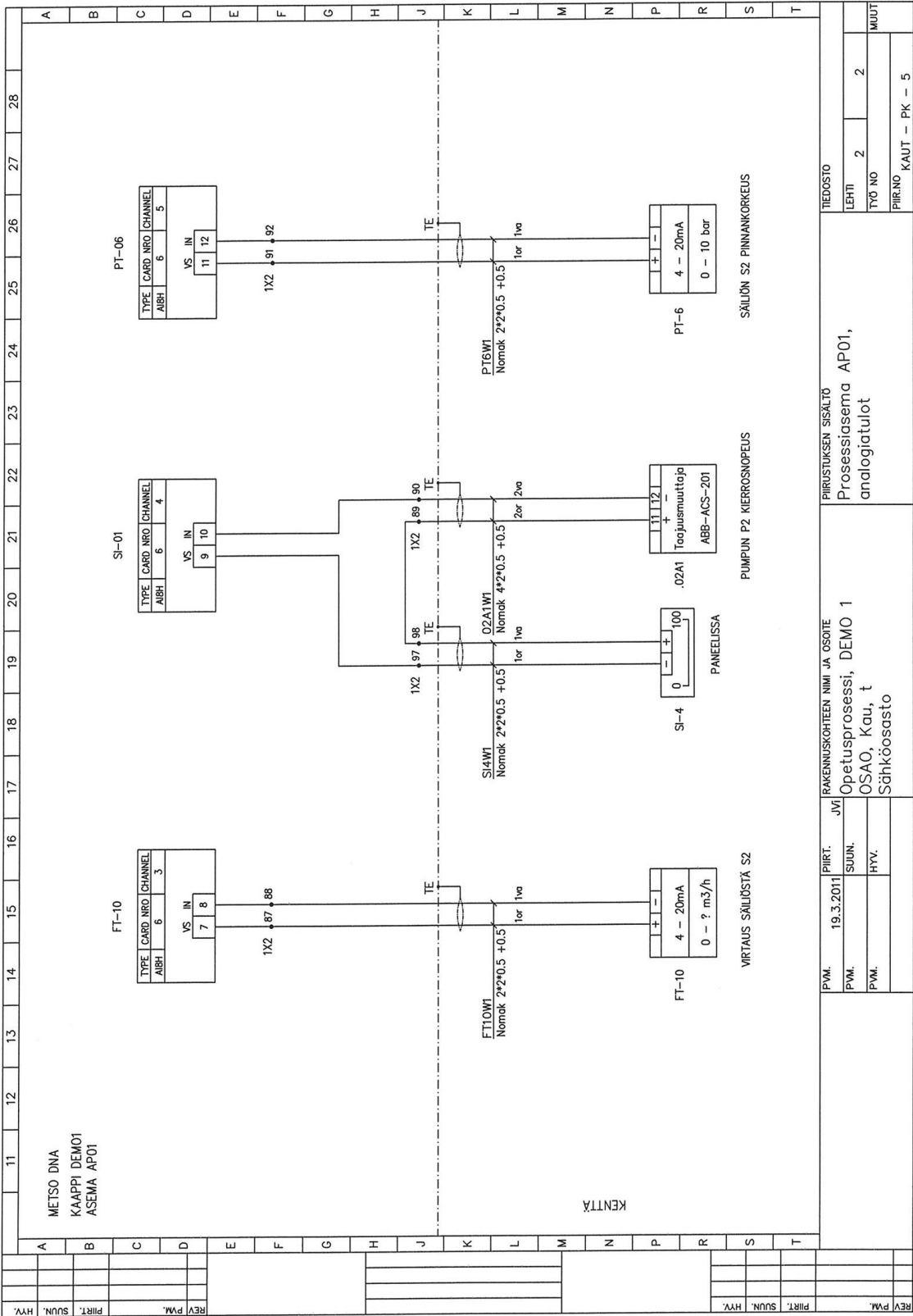
REVI P.M.

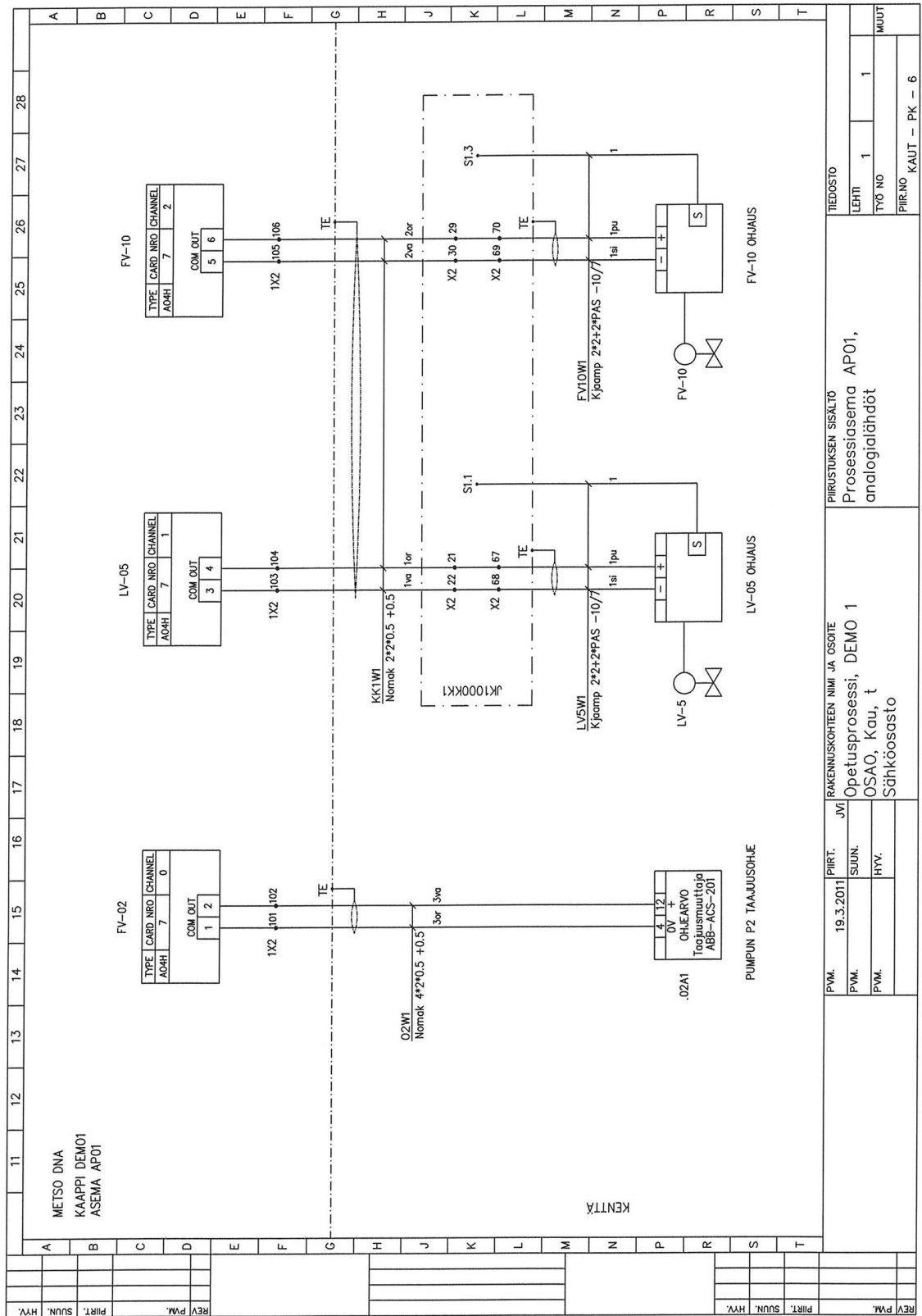
PIRT. SUUN. HYV.

REVI P.M.









Oulun seudun ammattiopisto  
Kaukovainio yksikkö, tekniikka  
Opetusprosessi, Demo 1

LAITELUETTELO

1(1)  
24.4.2011

POSITIO	NIMI	TYYPPI	VALMISTAJA	MALLI	MUUTA
1	P-2 Kiertovesipumppu	CR2-60	Grundfos	D40750006PL9943	Q=2,5 m <sup>3</sup> /h, h=37,7m, P=0,75kW, I=1,86A
2	.02A1 Taajuusmuuttaja	ACS 200	ABB		
3	FT-2 Paine-erolähetin	DIFF-EL	Valmet	DR3J22WO	span 0-50mbar, 4-20mA
4	PI-3 Painemittari				0-10bar
5	TI-4 Pt-100 anturi				
6	TT-4 Lämpötilalähetin	Tillqvist 437	Tillqvist		
7	LV-5 Säätöventtiili	VG	SEREG Schlumberger	FT 50-98/A	syppy 1,4 bar, range 0,2-1,0 bar
8	LT-5 Paine-erolähetin	DIFF-EL	Valmet	LL4E22EO	span 1000 mbar, 4-20mA
9	PT-6 Painelähetin	PRESS-EL	Valmet	GP7E220	span 0-10 bar, 4-20 mA
10	PI-7 Painemittari		WIKA		0-10 bar
11	FV-10 Säätöventtiili asennoitin, I/P-muunin	PSVD 17/2,5 GA Sencycon Tzim	Hartman & Braun		syppy 1,4-6,0 bar, input 4-20 mA
12	FT-10 Paine-erolähetin		Valmet Rosemount	R 1151 smart	span 100 mbar, 4-20mA

Oulun seudun ammattiopisto  
Kaukovainio yksikkö, tekniikka  
Opetusprosessi, Demo 1

KAAPELILUETTELO

1(1)  
24.4.2011

KAAPELINUEMERO	KAAPELITYYPPI	MISTÄ	MIHIN	PITUUS	HUOMAUTUS
.02M1W1	MCMK 3*2,5+2,5	JK100/.02F1	.02A1		
.02M1W2	MCMK 3*2,5+2,5	.02A1	.02Q2		
.02M1W3	Nomak 8*2*0,5+0,5	JK1000/.02X1	.02A1		
.02M1W4	MMJ 3*1,5S	JK1000/.02X1	.02Q2		
.02M1W5	Nomak 2*2*0,5+0,5	JK1000/.02X1	JK1000/OP1000		
JK1000W1	Nomak 8*2*0,5+0,5	JK1000/.02X1	DEMO1/1X2		
02A1W1	Nomak 4*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	.02A1		
FT2W1	Nomak 2*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	FT-2		
TT4W1	Nomak 2*2*0,5+0,5	DEMO1/TT4	TE-4		
LT5W1	Nomak 2*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	LT-5		
FT10W1	Nomak 2*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	FT-10		
SI4W1	Nomak 2*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	SI-4		
PT6W1	Nomak 2*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	PT-6		
02W1	Nomak 4*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	.02A1		
KK1W1	Nomak 2*2*0,5+0,5	DEMO1/1X2	JK1000KK1		
LV5W1	Kjaamp 2*2+2*PAS -10/7	JK1000KK1	LV-5		
FV10W1	Kjaamp 2*2+2*PAS -10/7	JK1000KK1	FV-10		